



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2016 001 926.2
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP2016/062236
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2016/175072
(86) PCT-Anmeldetag: 18.04.2016
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 03.11.2016
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 18.01.2018
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22.12.2022

(51) Int Cl.: **F04D 29/32** (2006.01)
F02C 7/18 (2006.01)
F04D 29/58 (2006.01)

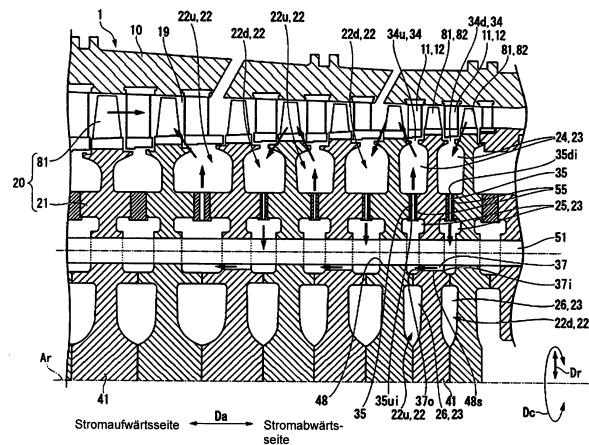
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

| | | | |
|--|------------|----|---|
| (30) Unionspriorität: 2015-090289 | 27.04.2015 | JP | (72) Erfinder: Takamura, Keita, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Yuri, Masanori, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Hashimoto, Shinya, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Masada, Junichiro, Yokohama-shi, Kanagawa- ken, JP; Komagome, Yuji, Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Araki, Masato, Tokyo, JP |
| (73) Patentinhaber: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP | | | |
| (74) Vertreter: Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei, Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE | | | (56) Ermittelter Stand der Technik: siehe Folgeseiten |

(54) Bezeichnung: **Verdichterrotor, Verdichter und Gasturbine**

(57) Hauptanspruch: Ein Verdichterrotor (20), der im Betrieb um eine Achse (Ar) innerhalb eines Verdichtergehäuses (20) rotiert, wobei der Verdichterrotor (20) umfasst: eine Rotorwelle (21), die sich um die Achse (Ar) in einer Axialrichtung (Da) erstreckt, und eine Vielzahl von Laufschaufelreihen (81), die an einem Außenumfang der Rotorwelle (21) befestigt sind und in der Axialrichtung (Da) angeordnet sind, wobei Hohlraumgruppen (22), gebildet durch eine Vielzahl von Hohlräumen (23), die jeweils eine Ringform um die Achse (Ar) haben und in einer Radialrichtung (Dr) der Achse (Ar) getrennt voneinander sind, innerhalb der Rotorwelle (21) an jeder Position zwischen Benachbarten der Vielzahl von Laufschaufelreihen (81) in der Axialrichtung (Da) gebildet sind, eine Seite, auf der ein Druck von Gas, welches durch einen Gasverdichtungsströmungskanal (19) strömt, niedrig ist, eine Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung (Da) bildet, und eine Seite, welche die gegenüberliegende Seite von der Stromaufwärtsseite ist und auf der der Gasdruck hoch ist, eine Stromabwärtsseite in der Axialrichtung (Da) bildet, der Gasverdichtungsströmungskanal (19) auf einer äußeren Umfangsseite der Rotorwelle (21) angeordnet ist und sich dort befindet, wo die Vielzahl von Laufschaufelreihen (81) in der Axialrichtung (Da) vorhanden sind, von der Vielzahl von Hohlräumen (23), die die Hohlraumgruppe (22) bilden, ein Hohlraum (23), der am weitesten

auf einer radial äußeren Seite angeordnet ist, einen äußeren Hohlraum (24) bildet, und ein anderer Hohlraum (23), der auf einer radial inneren Seite des äußeren Hohlraums (24) angeordnet ist, einen axialen Verbindungshohlraum (25) bildet,
von wenigstens zwei Hohlraumgruppen (22), eine Hohlraumgruppe (22) oder mehrere Hohlraumgruppen (22), die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist/sind, (eine) Stromaufwärts-Hohlraumgruppe(n) (22u) bildet/bilden, ...



(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2016 001 926 B4** 2022.12.22

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|---------------|----|
| US | 6 435 831 | B1 |
| US | 6 053 701 | A |
| JP | 2013- 204 593 | A |
| JP | 2004- 60 544 | A |

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Verdichterrotor, der um eine Achse innerhalb eines Verdichtergehäuses rotiert, einen Verdichter, und eine Gasturbine.

[0002] Ein Verdichter umfasst ein Gehäuse und einen Rotor, der um eine Achse innerhalb eines Gehäuses rotiert. Ein Rotor eines Axialströmungsverdichters hat eine Rotorwelle, der sich um eine Achse in einer Axialrichtung erstreckt und eine Vielzahl von Laufschaufelreihen, die auf einem Außenumfang der Rotorwelle befestigt sind und in der Axialrichtung angeordnet sind.

[0003] Beispiele eines solchen Rotors eines Axialströmungsverdichters umfassen denjenigen, der in der JP 2013- 204 593 A offenbart ist. Bei diesem Rotor ist eine Vielzahl von Kammern (oder Hohlräumen), zum Zwecke der Gewichtsreduzierung des Rotors etc. gebildet. Von der Vielzahl von Kammern sind eine erste Kammer und eine zweite Kammer Seite an Seite in der Axialrichtung an der gleichen Position in der Radialrichtung angeordnet. Die zweite Kammer ist auf der Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung relativ zur ersten Kammer angeordnet. Von der Vielzahl von Kammern ist eine dritte Kammer an einer Position zwischen der ersten Kammer und der zweiten Kammer in Axialrichtung auf der radial inneren Seite der ersten Kammer und der zweiten Kammer gebildet. Sowohl die erste Kammer als auch die zweite Kammer kommunizieren mit einem Luftverdichtungsströmungskanal, der durch einen ringförmigen Raum zwischen der äußeren Umfangsseite der Rotorwelle und der inneren Umfangsseite des Gehäuses gebildet ist. Die dritte Kammer kommuniziert sowohl mit der ersten Kammer als auch mit der zweiten Kammer.

[0004] Ein Teil der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals strömt in die erste Kammer, die auf der Stromabwärtsseite der zweiten Kammer angeordnet ist. Diese Luft strömt aus der ersten Kammer in die dritte Kammer, und kehrt dann über die zweite Kammer in den Luftverdichtungsströmungskanal zurück.

[0005] Aus der JP 2004- 60 544 A ist ein Verfahren zur Spielreduzierung für einen Gasturbinenverdichter einer Gasturbinenanlage, die aus einem Zustand, in dem eine Bauteiltemperatur höher als die Raumtemperatur ist, neu gestartet wird, bekannt, wobei ein Teil der Kühlluft, die einem Gasturbinenteil zugeführt wird, von einem Kühlluftteinlass, der in einer Verdichterlaufschaufel auf der stromabwärtigen Seite der hinteren Stufe davon geöffnet ist, in eine Rotorscheibe geleitet wird, wenn die Gasturbinenanlage gestartet wird, und dazu gebracht wird, durch ein Verbindungsloch und einen in der Rotorscheibe

gebildeten Hohlraum zu einer vorderen Stufenseite zur Kühlung zu strömen.

[0006] Aus der US 6 053 701 A ist ein Gasturbinenrotor mit Turbinenscheiben und einem Kühldampfzirkulationskanal bekannt, der Mittellinienbohrungen, die an einem axialen Ende des Rotors offen sind und sich durch einen zentralen Teil des Rotors erstrecken, ein darin koaxial angeordnetes Dampfeinlass- und -auslassrohr, um einen ringförmigen Kanal für Kühldampf an einer Außenseite zu definieren, Dampfhohlräume, die zwischen und durch einander zugewandten Seitenflächen der Turbinenscheiben definiert sind, Dampfhohlräume, die jeweils an nicht zugewandten Seitenflächenabschnitten der Turbinenscheiben definiert sind, axiale Dampflöcher, die so ausgebildet sind, dass sie sich durch die Turbinenscheiben hindurch erstrecken und ein Trennrohr enthalten, und radiale Dampflöcher, die sich von jedem der Dampfhohlräume zu Befestigungsabschnitten für die Rotorschafeln erstrecken, aufweist.

[0007] Aus der US 6 435 831 B1 ist ein Gasturbinenrotor bekannt, der aus einer Vielzahl von Rotorscheiben gebildet ist, die in axialer Richtung nebeneinander angeordnet sind und durch Spindelbolzen befestigt sind, die alle Rotorscheiben in axialer Richtung durchdringen. Jede der Rotorscheiben hat auf beiden Seiten ringförmige Vorsprünge und ist mit den angrenzenden Rotorscheiben verbunden, indem die Oberseiten der ringförmigen Vorsprünge an den ringförmigen Vorsprüngen der angrenzenden Rotorscheiben anliegen. Auf der Oberseite jedes der ringförmigen Vorsprünge sind Nuten mit halbkreisförmigem Querschnitt ausgebildet. Beim Zusammenbau des Rotors verbinden sich die Nuten der benachbarten Rotorscheiben und bilden kreisförmige Löcher. Zylindrische Drehmomentstifte mit Flanschen an beiden Enden werden in die durch die Nuten gebildeten kreisförmigen Löcher eingesetzt. Die Oberflächen der inneren Seitenwände der ringförmigen Vorsprünge sind als kugelförmige Flächen ausgebildet. Die Flächen der Flansche der Drehmomentstifte, die die inneren Seitenwände berühren, sind als kugelförmige Formen ausgebildet, die der Krümmung der kugelförmigen Oberflächen der inneren Seitenwände entsprechen.

[0008] Die Technologie, die in der JP 2013- 204 593 A offenbart wird, beschäftigt sich mit der thermischen Antwort-Empfindlichkeit der Rotorwelle auf Temperaturänderungen von Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal strömt, mittels des Passierens eines Teils der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals über die Kammern und des Zurückführens dieser Luft in den Luftverdichtungsströmungskanal.

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Verdichterrotor zur Verfügung zu stellen, der die thermische Antwort-Empfindlichkeit der Rotorwelle auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal fließt, erhöht, und einen Verdichter, aufweisend diesen Verdichterrotor und eine Gasturbine aufweisend diesen Verdichter.

[0010] Ein Verdichterrotor gemäß der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist ein Verdichterrotor mit den Merkmalen des Patentanspruches 1, der im Betrieb um eine Achse innerhalb eines Verdichtergehäuses rotiert, und unter anderem eine Rotorwelle, die sich um eine Achse in einer Axialrichtung erstreckt und eine Vielzahl von Laufschaufelreihen aufweist, die auf einem Außenumfang der Rotorwelle befestigt sind und in der Axialrichtung angeordnet sind. Hohlraumgruppen, zusammengesetzt aus einer Vielzahl von Hohlräumen, die jeweils eine Ringform um die Achse haben und getrennt voneinander in einer Radialrichtung der Achse sind, sind innerhalb der Rotorwelle an jeder Position zwischen Benachbarten der Vielzahl der Laufschaufelreihen in der Axialrichtung gebildet. Eine Seite, auf der ein Druck des Gases, welches durch einen Gasverdichtungsströmungskanal strömt, niedrig ist, bildet eine Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung und eine Seite, welche die gegenüberliegende Seite von der Stromaufwärtsseite ist und auf der der Druck des Gases hoch ist, bildet eine Stromabwärtsseite in der Axialrichtung, wobei der Gasverdichtungsströmungskanal an einer äußeren Umfangsseite der Rotorwelle angeordnet ist und dort ist, wo die Vielzahl von Laufschaufelreihen in der Axialrichtung vorhanden sind. Von der Vielzahl von Hohlräumen, die die Hohlraumgruppe bilden, bildet ein Hohlraum, der am weitesten auf einer radial äußeren Seite angeordnet ist, einen äußeren Hohlraum und ein anderer Hohlraum, der auf einer radial inneren Seite des äußeren Hohlraums angeordnet ist, bildet einen axialen Verbindungshohlraum. Von wenigstens zwei Hohlraumgruppen bilden eine oder mehrere Hohlraumgruppen, die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist/sind, Stromaufwärts-Hohlraumgruppen und die anderen Hohlraumgruppen, die auf der Stromabwärtsseite relativ zu den Stromaufwärts-Hohlraumgruppen angeordnet sind, bilden Stromabwärts-Hohlraumgruppen. Die Rotorwelle hat weiterhin: einen Einlassströmungskanal, durch den das Gas in den Gasverdichtungsströmungskanal in den äußeren Hohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe strömt; einen Radialströmungskanal, der sich in einer Richtung, aufweisend die Radialrichtung, erstreckt und in der Radialrichtung eine Verbindung zwischen zwei zueinander benachbarten Hohlräumen aus der Vielzahl von Hohlräumen vom äußeren Hohlraum zum axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe zur Verfügung stellt, so dass das Gas, welches in den

äußeren Hohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe gestromt ist, den axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe erreicht; einen Axialströmungskanal, der sich in einer Richtung aufweisend die Axialrichtung erstreckt und eine Verbindung zwischen dem axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und dem axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe zur Verfügung stellt; einen Radialströmungskanal, der sich in einer Richtung aufweisend die Radialrichtung erstreckt und eine Verbindung zwischen zwei in der Radialrichtung benachbarten Hohlräumen aus der Vielzahl von Hohlräumen vom axialen Verbindungshohlraum zum äußeren Hohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe zur Verfügung stellt, so dass das Gas innerhalb des axialen Verbindungshohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe den äußerer Hohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe erreicht; und einen Auslassströmungskanal durch den das Gas innerhalb des äußeren Hohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe in den Gasverdichtungsströmungskanal ausströmt. Eine radial äußere Kante einer Einlassöffnung, welche eine Öffnung des Axialströmungskanals zum axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe ist, ist auf der radial inneren Seite einer radial außenseitigen inneren Umfangsfläche von inneren Umfangsflächen, die den ringförmigen axialen Verbindungshohlraum bilden, angeordnet. Eine radial äußere Kante einer Auslassöffnung, welche eine Öffnung des Axialströmungskanals zum axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe ist, ist an der radial inneren Seite einer radialen Außenseite der inneren Umfangsfläche von inneren Umfangsflächen, die den ringförmigen axialen Verbindungshohlraum definieren, angeordnet.

[0011] In diesem Verdichterrotor wird eine Druckdifferenz in der Axialrichtung innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals als eine Antriebskraft genutzt, um einen Teil des Gases innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals in den äußeren Hohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe über den Einlassströmungskanal strömen zu lassen. Das Gas, welches in den äußeren Hohlraum gestromt ist, strömt in den axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe über den Radialströmungskanal und in einigen Fällen weiter über eine oder mehrere Hohlräume. Das Gas, welches in den axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe gestromt ist, strömt durch den Axialströmungskanal in den axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe. Das Gas, welches in den axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe gestromt ist, strömt durch den Radialströmungskanal in den äußeren Hohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe und in einigen Fällen weiter durch einen oder mehrere Hohlräume. The Gas, welches in den

äußeren Hohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe geströmt ist, kehrt über den Auslassströmungskanal zum Gasverdichtungsströmungskanal zurück.

[0012] Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor die Druckdifferenz in der Axialrichtung innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals als eine Antriebskraft genutzt werden, um effektiv die Innenseite jedes äußeren Hohlraums der Stromabwärts-Hohlraumgruppe, den Hohlraum zwischen dem äußeren Hohlraum und dem axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe, den äußeren Hohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe, und den Hohlraum zwischen dem äußeren Hohlraum und den axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe mit einem Teil des Gases innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals zu belüften. Darüber hinaus kann bei diesem Verdichterrotor der Teil des axialen Verbindungshohlraums der Stromabwärts-Hohlraumgruppe von der radial äußeren Kante zu einer Position, in der Radialrichtung, bei der der Axialströmungskanal offen ist, und der Teil des axialen Verbindungshohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe von der radial äußeren Kante zu einer Position in der Radialrichtung, bei der der Axialströmungskanal offen ist, auch effektiv mit dem Gas innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals belüftet werden. Außerdem kann bei diesem Verdichterrotor der Wärmeübertragungskoeffizient von Wandflächen, die die Hohlräume definieren, angehoben werden, unter Verwendung eines Unterschieds in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen den Hohlräumen und der Luft, die durch die Hohlräume strömt.

[0013] Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal strömt, verbessert werden.

[0014] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der erfundungsgemäße Verdichterrotor, wobei die radial äußere Kante der Einlassöffnung des Axialströmungskanals auf der radial inneren Seite einer Mittelposition in der Radialrichtung des axialen Verbindungshohlraums der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und die radial äußere Kante der Auslassöffnung des Axialströmungskanals angeordnet ist auf der radial inneren Seite einer Mittelposition in der Radialrichtung des axialen Verbindungshohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe angeordnet ist.

[0015] Bei diesem Verdichterrotor kann die Innenseite des axialen Verbindungshohlraums der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und die Innenseite des

axialen Verbindungshohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe besonders stark und effektiv mit dem Gas innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals belüftet werden. Darüber hinaus kann bei diesem Verdichterrotor der Wärmeübertragungskoeffizient von Wandflächen, die die Hohlräume definieren, erhöht werden unter Verwendung des Unterschieds in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen den Hohlräumen und der Luft, die durch die Hohlräume strömt. Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal strömt, weiter verbessert werden.

[0016] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei die Rotorwelle eine Vielzahl von Axialströmungskanälen hat, die in einer Umfangsrichtung der Achse getrennt voneinander sind.

[0017] In diesem Verdichterrotor ist die Umfangsgeschwindigkeit des Gases, welches durch den Axialströmungskanal strömt, durch die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle begrenzt und wird deswegen im Wesentlichen gleich der Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle. Auf der anderen Seite, weil die axialen Verbindungshohlräume mit dem Axialströmungskanal kommunizieren, die ringförmig um die Achse gebildet sind, ist die Umfangsgeschwindigkeit des Gases, welches durch diese axialen Verbindungshohlräume strömt, grundsätzlich nicht durch die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle begrenzt. Dementsprechend unterscheidet sich die Umfangsgeschwindigkeit des Gases, welches durch die axialen Verbindungshohlräume strömt, von der Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle. Im Einzelnen ist der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit von der Rotorwelle auf der radial äußeren Seite größer als auf der radial inneren Seite innerhalb des axialen Verbindungshohlraums der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe. Dementsprechend kann der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und einer Fläche eines die Rotorwelle bildenden Elements, dass den Hohlraum bildet, erhöht werden.

[0018] Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal strömt, weiter verbessert werden.

[0019] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, aufweisend wenigstens eines der nachfolgenden einlassseitigen Teile: ein einlassseitiges Teil des Radialströmungskanals der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe aufweisend eine Einlassöffnung, die eine radial

innenseitige Öffnung ist und geneigt ist hin zu einer Drehrichtungsseite der Rotorwelle; und ein einlassseitiges Teil des Axialströmungskanals aufweisend eine Einlassöffnung, die geneigt ist hin zur gegenüberliegenden Seite von der Drehrichtungsseite der Rotorwelle.

[0020] In einem der obigen Verdichterrotoren kann wenigstens eines der nachfolgenden einlassseitigen Teile hin zu der Drehrichtungsseite der Rotorwelle geneigt sein: ein einlassseitiges Teil des Radialströmungskanals, welches eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und dem Hohlraum benachbart zum äußeren Hohlraum in der Radialrichtung zur Verfügung stellt, das einlassseitige Teil aufweisend eine Einlassöffnung, welche eine radial außenseitige Öffnung des Radialströmungskanals ist; und ein einlassseitiges Teil des Radialströmungskanals der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe aufweisend eine Einlassöffnung, die eine radial innenseitige Öffnung des Radialströmungskanals ist.

[0021] In einem der obigen Verdichterrotoren kann ein einlassseitiger Teil des Axialströmungskanals aufweisend die Einlassöffnung des Axialströmungskanals geneigt sein hin zu der gegenüberliegenden Seite von der Drehrichtungsseite der Rotorwelle.

[0022] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei die Stromabwärts-Hohlraumgruppe drei oder mehr Hohlräume hat, und in dem Radialströmungskanal, der eine Verbindung zwischen zwei oder mehreren Hohlräumen der drei oder mehr Hohlräume des äußeren Hohlraums zur Verfügung stellt, ein einlassseitiger Teil des Radialströmungskanals aufweisend eine Einlassöffnung, welche eine radial außenseitige Öffnung ist, hin zur gegenüberliegenden Seite von der Drehrichtungsseite der Rotorwelle geneigt ist.

[0023] Bei diesem Verdichterrotor wird, sogar wenn es einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen dem Gas und dem Strömungskanal gibt, dieses Gas erfasst und durch die Einlassöffnung des Strömungskanals empfangen, so dass das Gas geschmeidig in den Strömungskanal einströmen kann.

[0024] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei wenigstens einer der nachfolgenden auslassseitigen Teile geneigt sein kann hin zu der Drehrichtungsseite der Rotorwelle oder hin zu der gegenüberliegenden Seite von der Drehrichtungsseite der Rotorwelle: ein auslassseitiger Teil des Radialströmungskanals der Stromabwärts-Hohlraumgruppe aufweisend eine Auslassöffnung, die eine radial innenseitige Öffnung

des Radialströmungskanals ist; einen auslassseitigen Teil des Radialströmungskanals der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe aufweisend eine Auslassöffnung, die eine radial außenseitige Öffnung des Radialströmungskanals ist; und einen auslassseitigen Teil des Axialströmungskanals aufweisend die Auslassöffnung des Axialströmungskanals.

[0025] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei ein Strömungskanalinnendurchmesser eines einlassseitigen Teils eines Strömungskanals aufweisend die Einlassöffnung graduell in einer Richtung von der Einlassöffnung hin zu einer Auslassöffnung, die angeordnet ist auf einer gegenüberliegenden Seite des Strömungskanals von der Einlassöffnung, abnimmt.

[0026] Bei dem Verdichterrotor der vorliegenden Erfindung hat die Rotorwelle eine Vielzahl von Rotorscheiben, die in der Axialrichtung gestapelt sind, und einen Drehmomentstift, der sich in der Radialrichtung erstreckt und mit jeweils zwei zueinander benachbarten Rotorscheiben in der Axialrichtung zusammenwirkt, um die benachbarten Rotorscheiben von einer Relativbewegung zueinander abzuhalten; der Drehmomentstift ist in der Radialrichtung an Positionen zwischen den zueinander benachbarten Hohlräumen aus der Vielzahl von Hohlräumen, die die Stromabwärts-Hohlraumgruppe bilden angeordnet und in der Radialrichtung an Positionen zwischen den zueinander benachbarten Hohlräumen aus der Vielzahl von Hohlräumen, die die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe bilden; und der Drehmomentstift hat ein Durchgangsloch, das sich über den Drehmomentstift in der Radialrichtung erstreckt, und das Durchgangsloch bildet den Radialströmungskanal.

[0027] Bei diesem Verdichterrotor, der das Durchgangsloch in dem Drehmomentstift bildet, kann die Notwendigkeit zum Ausbilden des Radialströmungskanals in der Rotorscheibe entfallen. Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor ein Ansteigen der Anzahl der Arbeitsprozesse an der Rotorscheibe vermieden werden.

[0028] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei die Rotorwelle eine Vielzahl von Rotorscheiben hat, die in der Axialrichtung gestapelt sind, und eine Schraube, die sich in der Axialrichtung über die Vielzahl von Rotorscheiben, den axialen Verbindungs-hohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und den axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe erstreckt; es gibt eine Lücke/einen Spalt, der sich in der Axialrichtung erstreckt, und der zwischen der Schraube und einem Schraubendurchgangsloch gelassen ist, wel-

ches in der Rotorscheibe gebildet ist die zwischen dem axialen Verbindungshohlraum der Stromabwärts-Hohlraumgruppe und den axialen Verbindungshohlraum der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe vorhanden ist und über den sich die Schafschraube erstreckt; und die Lücke/der Spalt im Schraubendurchgangsloch bildet den Axialströmungskanal.

[0029] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der vorstehende Verdichterrotor, wobei die Lücke/der Spalt im Schraubendurchgangsloch, welches den Axialströmungskanal bildet, angeordnet ist auf der radial inneren Seite der Schafschraube.

[0030] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei der Hohlraum, der am weitesten auf der radial inneren Seite der Vielzahl von Hohlräumen, die die Hohlraumgruppe bilden, angeordnet ist, den axialen Verbindungshohlraum bildet.

[0031] Bei diesem Verdichterrotor, kann die Innenseite von allen der Vielzahl von Hohlräumen, die die Hohlraumgruppe bilden, effektiv mit dem Gas innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals belüftet werden. Deswegen kann bei diesem Verdichterrotor die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal strömt, weiter verbessert werden.

[0032] Ein Verdichterrotor einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe ist der Verdichterrotor, wobei von zwei zueinander benachbarten Hohlraumgruppen in der Axialrichtung die Hohlraumgruppe, die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist, eine Stromaufwärts-Hohlraumgruppe bildet, und die Hohlraumgruppe, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, eine Stromabwärts-Hohlraumgruppe bildet.

[0033] Ein Verdichter gemäß der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe umfasst den Verdichterrotor gemäß der Erfindung und ein Verdichtergehäuse.

[0034] Eine Gasturbine gemäß der vorliegenden Erfindung zur Lösung der obigen Aufgabe umfasst: den Verdichter gemäß der Erfindung, einen Brenner, der Verbrennungsgas durch Verbrennung von Brennstoff in durch den Verdichter verdichteter Luft erzeugt, und eine Turbine, die durch das Verbrennungsgas angetrieben wird.

[0035] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die thermische Antwort-Empfindlichkeit der Rotorwelle in Bezug auf Temperaturänderungen von Gas, welches

durch den Gasverdichtungsströmungskanal strömt, weiter verbessert werden.

Fig. 1 ist eine geschnittene Seitenansicht von Hauptbestandteilen einer Gasturbine in einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht von Hauptbestandteilen eines Verdichters in einer ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 ist eine Ansicht, die Rotorscheiben in der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei der **Fig. 3(A)** eine Schnittansicht der Rotorscheiben ist und **Fig. 3(B)** eine Ansicht entlang des Pfeils B in **Fig. 3(A)** ist.

Fig. 4 ist eine Schnittansicht von Hauptbestandteilen um Laufschaufeln und einer Leitschaufel des Verdichters in der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht eines Drehmomentstifts in der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist eine Ansicht, die eine Gasströmung innerhalb des Verdichters in der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 7 ist ein Graph, der Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit von Gas innerhalb einer Rotorwelle in der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 8 ist ein Graph, der Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit von Gas innerhalb einer Rotorwelle in einem Vergleichsbeispiel der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 9 ist eine Schnittansicht von Hauptbestandteilen der Rotorwelle im Vergleichsbeispiel der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 10 ist eine Schnittansicht von Hauptbestandteilen eines Verdichters in einer zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 ist eine Ansicht, die Rotorscheiben in der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei der **Fig. 11(A)** eine Schnittansicht der Rotorscheiben ist und **Fig. 11(B)** eine Ansicht entlang des Pfeils B in **Fig. 11(A)** ist.

Fig. 12 ist eine Ansicht, die eine Gasströmung innerhalb des Verdichters in der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 13 ist ein Graph, der Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit von Gas innerhalb einer Rotorwelle in der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 14 ist eine Pfeilansicht, korrespondierend zu einer Ansicht entlang des Pfeils XIV in **Fig. 11**, die eine Rotorscheibe in einem ersten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 15 ist eine Pfeilansicht korrespondierend zu einer Ansicht entlang des Pfeils XV in **Fig. 11**, die eine Rotorscheibe in einem ersten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 16 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P2 in **Fig. 14** zeigt.

Fig. 17 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P3 in **Fig. 14** zeigt.

Fig. 18 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P4 in **Fig. 14** zeigt.

Fig. 19 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P5 in **Fig. 15** zeigt.

Fig. 20 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P6 in **Fig. 15** zeigt.

Fig. 21 ist eine perspektivische Ansicht eines Drehmomentstifts einer Stromabwärts-Hohlräumgruppe im ersten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 22 ist eine perspektivische Ansicht eines Drehmomentstifts einer Stromaufwärts-Hohlräumgruppe im ersten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 23 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Positionen P7 oder P8 in **Fig. 14** in einem zweiten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 24 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Positionen P7 oder P8 in **Fig. 14** in einem anderen Beispiel des zweiten abgewandelten Beispiels der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 25 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P9 in **Fig. 15** in dem zweiten abgewandelten Beispiel

der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 26 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P9 in **Fig. 15** in einem anderen Beispiel des zweiten abgewandelten Beispiels der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 27 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P10 in **Fig. 15** im zweiten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 28 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P10 in **Fig. 15** in einem anderen Beispiel des zweiten abgewandelten Beispiels der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 29 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P11 in **Fig. 15** in dem zweiten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 30 ist eine Schnittansicht eines Radialströmungskanals oder eines Axialströmungskanals in einem dritten abgewandelten Beispiel der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 31 ist eine Schnittansicht des Radialströmungskanals oder des Axialströmungskanals in einem anderen Beispiel des dritten abgewandelten Beispiels der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 32 ist eine Ansicht, die eine Gasströmung innerhalb eines Verdichters in einem anderen abgewandelten Beispiel der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0036] Verschiedene Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0037] Eine Ausführungsform einer Gasturbine wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben werden.

[0038] Wie gezeigt in **Fig. 1**, umfasst eine Gasturbine dieser Ausführungsform einen Verdichter 1, einen Brenner 2 und eine Turbine 3. Der Verdichter 1 erzeugt verdichtete Luft durch Verdichten von Umgebungsluft. Der Brenner 2 erzeugt Verbrennungsgas durch Mischen von Brennstoff von einer Brennstoffversorgungsquelle in die verdichtete Luft und Verbrennen der Mischung. Die Turbine 3 wird durch das Verbrennungsgas angetrieben.

[0039] Der Verdichter 1 hat einen Verdichterrotor 20, der um eine Achse Ar rotiert und ein zylindrisches Verdichtergehäuse 10, welches den Verdichterrotor 20 umgibt. Im Folgenden wird eine Richtung in der sich die Achse Ar erstreckt, als eine Axialrichtung Da bezeichnet. Eine Seite in der Axialrichtung Da und die andere Seite in der Axialrichtung Da wird entsprechend als eine Stromaufwärtsseite und als eine Stromabwärtsseite bezeichnet werden. Eine Radialrichtung basierend auf der Achse Ar wird in einfacher Art und Weise als Radialrichtung Dr bezeichnet. Eine Seite, die in der Radialrichtung Dr weiter weg ist von der Achse Ar und eine Seite, die in der Radialrichtung Dr näher an der Achse Ar ist, will entsprechend als radial äußere Seite und als eine radial innere Seite bezeichnet werden. Eine Öffnung ist auf der Stromaufwärtsseite des Verdichtergehäuses 10 gebildet. Diese Öffnung bildet eine Einlassöffnung 11i, über die der Verdichter 1 Luft aus der Umgebung ansaugt.

[0040] Die Turbine 3 ist auf der Stromabwärtsseite des Verdichters 1 angeordnet. Die Turbine 3 hat einen Turbinenrotor 4, der um die Achse Ar rotiert, und ein zylindrisches Turbinengehäuse 5, welches den Turbinenrotor 4 umgibt. Der Verdichterrotor 20 und der Turbinenrotor 4 rotieren um die gleiche Achse Ar und sind miteinander verbunden, um einen Gasturbinenrotor 8 zu bilden. Das Verdichtergehäuse 10 und das Turbinengehäuse 5 sind miteinander verbunden, um ein Gasturbinengehäuse 9 zu bilden. Der Brenner 2 ist am Gasturbinengehäuse 9 befestigt.

[0041] Eine erste Ausführungsform eines Verdichters wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 9** beschrieben werden.

[0042] Der Verdichter dieser Ausführungsform ist der Verdichter 1 der oben beschriebenen Gasturbine. Deswegen hat der Verdichter 1 dieser Ausführungsform den Verdichterrotor 20, der um die Achse Ar rotiert, und das zylindrische Verdichtergehäuse 1, welches den Verdichterrotor 20 umgibt.

[0043] Wie gezeigt in **Fig. 2**, ist der Verdichter 1 ein Axialströmungsverdichter. Der Verdichterrotor 20 hat eine Rotorwelle 21 und eine Vielzahl von Laufschaufelreihen 81. Die Rotorwelle 21 erstreckt sich um die Achse Ar in der Axialrichtung Da. Die Vielzahl von Laufschaufelreihen 81 ist an dem Außenumfang der Rotorwelle 21 befestigt und in der Axialrichtung Da angeordnet. Die Leitschaufelreihen 11 sind befestigt auf der inneren Umfangsseite des Verdichtergehäuses 10 entsprechend an Positionen auf der Stromabwärtsseite der Laufschaufelreihen 81.

[0044] Eine Leitschaufelreihe 11 hat eine Vielzahl von Leitschaufeln 12. Die Vielzahl von Leitschaufeln 12 ist in der Umfangsrichtung Dc um die Achse Ar angeordnet und bildet eine Leitschaufelreihe 11.

Eine Laufschaufelreihe 81 hat eine Vielzahl von Laufschaufeln 82. Die Vielzahl von Laufschaufeln 82 ist angeordnet in der Umfangsrichtung Dc um die Achse Ar und bildet eine Laufschaufelreihe 81.

[0045] Wie gezeigt in **Fig. 4** hat die Leitschaufel 12 einen Leitschaufelkörper 13, der sich in der Radialrichtung Dr erstreckt, einen Außenkragen 14, der in der Radialrichtung Dr auf der Außenseite vom Leitschaufelkörper 13 vorgesehen ist und einen Innenkragen 15, der in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite des Leitschaufelkörpers 13 vorgesehen ist. Der Außenkragen 14 ist auf der inneren Umfangsseite des Verdichtergehäuses 10 montiert. Ein Dichtring 16 ist in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite des Innenkragens 15 vorgesehen. Die Laufschaufel 82 hat einen Laufschaufelkörper 83, der sich in der Radialrichtung Dr erstreckt, eine Plattform 84, die in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite des Laufschaufelkörpers 83 vorgesehen ist und einen Laufschaufelfuß 85, der in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite der Plattform 84 vorgesehen ist. Der Laufschaufelfuß 85 ist in der Rotorwelle 21 eingebettet.

[0046] Ein Luftverdichtungsströmungskanal 19 des Verdichters 1, durch den Luft in einem Verdichtungsvorgang strömt, hat eine Ringform um die Achse Ar. Die äußere Umfangsseite des Luftverdichtungsströmungskanals 19 ist definiert durch ein Verdichtergehäuse 10 und die Außenkrägen 14 der Leitschaufeln 12. Die innere Umfangsseite des Luftverdichtungsströmungskanals 19 ist definiert durch die Plattformen 84 der Laufschaufeln 82 und die Innenkrägen 15 der Leitschaufeln 12. Wenn der Verdichterrotor 20 rotiert, strömt Luft durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 von der Stromaufwärtsseite zur Stromabwärtsseite, während sie verdichtet wird.

[0047] Wie gezeigt in **Fig. 2**, ist eine Vielzahl von Hohlräumen 23 innerhalb der Rotorwelle 21 gebildet, an Positionen zwischen Benachbarten der Vielzahl von Laufschaufelreihen 81 in der Axialrichtung Da, in anderen Worten, an Positionen der Vielzahl von Leitschaufelreihen 11 in der Axialrichtung Da. Die Vielzahl von Hohlräumen 23 haben jeweils eine Ringform um die Achse Ar und sind in der Radialrichtung Dr voneinander getrennt. Die Vielzahl von Hohlräumen 23, die an einer Position in der Axialrichtung Da zwischen zwei zueinander benachbarten Laufschaufelreihen 81 in der Axialrichtung Da gebildet sind, bilden eine Hohlraumgruppe 22. Deswegen ist eine Vielzahl von Hohlraumgruppen 22 innerhalb der Rotorwelle 21 gebildet, derart, dass sie in der Axialrichtung Da angeordnet sind.

[0048] Eine Hohlraumgruppe 22 ist aus drei Hohlräumen gebildet: einem äußeren Hohlraum 24, einem Zwischenhohlraum 25 und einem inneren Hohlraum 26. Von der Vielzahl der Hohlräume ist der äußere Hohlraum 24 in der Radialrichtung Dr

am weitesten auf der Außenseite innerhalb der Rotorwelle 21 gebildet. Der Zwischenhohlraum 25 ist in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite des äußeren Hohlraums 24 gebildet. Von der Vielzahl der Hohlräume ist der innere Hohlraum 26 in der Radialrichtung Dr am weitesten auf der Innenseite innerhalb der Rotorwelle 21 gebildet.

[0049] Die Rotorwelle 21 hat weiterhin einen radial äußeren Strömungskanal 34, der eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, und eine Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35, die eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Zwischenhohlraum 25 zur Verfügung stellen. Der radial äußere Strömungskanal 34 ist ein Strömungskanal, der sich ringförmig um die Achse Ar erstreckt. Die Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 sind in der Umfangsrichtung Dc getrennt voneinander.

[0050] Die Rotorwelle 21 hat eine Vielzahl von Rotorscheiben 41, Schrauben 51, und Drehmomentstifte 55. Die Vielzahl von Rotorscheiben 41 ist gestapelt in der Axialrichtung Da. Die Schraube 51 erstreckt sich über die Vielzahl von Rotorscheiben 41 und die Vielzahl von Zwischenhohlräumen 25 in der Axialrichtung Da. Der Drehmomentstift 55 hindert die benachbarten Rotorscheiben 41 daran, relativ zueinander zu rotieren.

[0051] Eine Laufschaufelreihe 81 ist auf jeder Rotorscheibe 41 montiert. Deswegen sind die Rotorscheiben 41 entsprechend der Vielzahl von Laufschaufelreihen 81 vorhanden.

[0052] Wie gezeigt in **Fig. 3** sind die Vielzahl von Hohlräumen 23, die eine Hohlraumgruppe 22 bilden, der radial äußerer Strömungskanal 34, welcher eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 dieser Hohlraumgruppe 22 und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, und die radial dazwischenliegenden Strömungskanäle 35, die eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Zwischenhohlraum 25 dieser Hohlraumgruppe 22 zur Verfügung stellen, alle zwischen zwei Rotorscheiben 41, die in der Axialrichtung Da benachbart zueinander sind, gebildet. **Fig. 3(A)** ist eine Schnittansicht der Rotorscheiben 41 und **Fig. 3(B)** ist eine Ansicht entlang des Pfeils B in **Fig. 3(A)**.

[0053] Auf der Stromaufwärtsseite von einer Rotorscheibe 41, ist eine stromaufwärtsseitig erste Ausnehmung 43u, eine stromaufwärtsseitig zweite Ausnehmung 45u, und eine Stromaufwärtsseitig dritte Ausnehmung 47u gebildet. Die stromaufwärtsseitig erste Ausnehmung 43u ist hin zu der Stromabwärtsseite ausgenommen, um den äußeren Hohlraum 24

auf der Stromaufwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Die stromaufwärtsseitig zweite Ausnehmung 45u ist hin zu der Stromabwärtsseite ausgenommen, um den Zwischenhohlraum 25 auf der Stromaufwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Die stromaufwärtsseitig dritte Ausnehmung 47u ist hin zu der Stromabwärtsseite ausgenommen, um den inneren Hohlraum 26 auf der Stromaufwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Deswegen ist auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d ein ringförmiger stromabwärtsseitig erster Arm 42u gebildet, der hin zu der Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung Da relativ zu einer Fußfläche der stromaufwärtsseitig ersten Ausnehmung 43u vorsteht. Zwischen der stromaufwärtsseitig ersten Ausnehmung 43u und der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u ist ein ringförmiger stromaufwärtsseitig zweiter Arm 44u gebildet, der hin zu der Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung Da relativ zu der Fußfläche der stromaufwärtsseitig ersten Ausnehmung 43u vorsteht und zu einer Fußfläche der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u vorsteht. Zwischen der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u und der stromaufwärtsseitig dritten Ausnehmung 47u ist ein stromaufwärtsseitig dritter Arm 46u gebildet, der hin zu der Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung Da relativ zur Fußfläche der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u und einer Fußfläche der stromaufwärtsseitig dritten Ausnehmung 47u vorsteht.

[0054] Der ringförmige stromaufwärtsseitig zweite Arm 44u hat eine Vielzahl von stromaufwärtsseitigen Stiftnuten 44up, die hin zu der Stromabwärtsseite ausgenommen sind und eine Verbindung zwischen der stromaufwärtsseitig ersten Ausnehmung 43u und der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u zur Verfügung stellen.

[0055] Auf der Stromabwärtsseite einer Rotorscheibe 41 ist eine stromabwärtsseitig erste Ausnehmung 43d, eine stromabwärtsseitig zweite Ausnehmung 45d, und eine stromabwärtsseitig dritte Ausnehmung 47d gebildet. Die stromabwärtsseitig erste Ausnehmung 43d ist ausgenommen hin zu der Stromaufwärtsseite, um den äußeren Hohlraum 24 auf der Stromabwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Die stromabwärtsseitig zweite Ausnehmung 45d ist ausgenommen hin zu der Stromaufwärtsseite, um den Zwischenhohlraum 25 auf der Stromabwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Die stromabwärtsseitig dritte Ausnehmung 47d ist ausgenommen hin zu der Stromaufwärtsseite, um den inneren Hohlraum 26 auf der Stromabwärtsseite dieser Rotorscheibe 41 zu bilden. Deswegen ist auf der Außenseite in einer Radialrichtung Dr der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d ein ringförmiger stromabwärtsseitig erster Arm 42d gebildet, der hin zu der Stromabwärtsseite in der Axialrichtung Da

relativ zu einer Fußfläche der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d vorsteht. Zwischen der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d und der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d ist ein ringförmiger stromabwärtsseitig zweiter Arm 44d gebildet, der hin zu der Stromabwärtsseite in der Axialrichtung Da relativ zu der Fußfläche der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d und einer Fußfläche der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d vorsteht. Zwischen der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d und der stromabwärtsseitig dritten Ausnehmung 47d ist ein ringförmiger stromabwärtsseitig dritter Arm 46d gebildet, der hin zu der Stromabwärtsseite in der Axialrichtung Da relativ zu der Fußfläche der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d und einer Fußfläche der stromabwärtsseitig dritten Ausnehmung 47d vorsteht.

[0056] Der ringförmige stromabwärtsseitig zweite Arm 44d hat eine Vielzahl von stromabwärtsseitigen Stiftnuten 44dp, die hin zu der Stromaufwärtsseite ausgenommen sind und eine Verbindung zwischen der stromabwärtsseitig ersten Ausnehmung 43d und der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d zur Verfügung stellen.

[0057] Der äußere Hohlraum 24 ist definiert durch die stromabwärtsseitig erste Ausnehmung 43d einer Rotorscheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite von zwei zueinander benachbarten Rotorscheiben 41 in der Axialrichtung Da angeordnet ist, und durch die stromaufwärtsseitig erste Ausnehmung 43u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist. Der Zwischenhohlraum 25 ist definiert durch die stromabwärtsseitig zweite Ausnehmung 45d einer Rotorscheibe 41, die angeordnet ist auf der Stromaufwärtsseite von zwei zueinander benachbarten Rotorscheiben 41 in der Axialrichtung Da und durch die stromaufwärtsseitig zweite Ausnehmung der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist. Der innerer Hohlraum 26 ist definiert durch die stromabwärtsseitig dritte Ausnehmung 47d einer Rotorscheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite von zwei benachbart zueinander in der Axialrichtung angeordneten Rotorscheiben 41 angeordnet ist, und durch die stromaufwärtsseitig dritte Ausnehmung 47u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist.

[0058] Der stromabwärtsseitig erste Arm 42d einer Rotorscheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite von zwei benachbart zueinander in Axialrichtung Da angeordneten Rotorscheiben 41 angeordnet ist, und der stromaufwärtsseitig erste Arm 42u der anderen Rotorscheibe 41, der auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, weisen aufeinander zu und sind in der Axialrichtung Da voneinander getrennt. Der radial äußere Strömungskanal 34 ist durch den stromabwärtsseitig ersten Arm 42d einer Rotor-

scheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite von zwei benachbart zueinander in der Axialrichtung Da angeordneten Rotorscheiben 41 angeordnet ist, und durch den stromaufwärtsseitig ersten Arm 42u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, definiert.

[0059] Die Vielzahl von stromabwärtsseitigen Stiftnuten 44dp einer Rotorscheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite von zwei zueinander in der Axialrichtung Da benachbarten Rotorscheiben 41 angeordnet ist und die Vielzahl von stromaufwärtsseitigen Stiftnuten 44up der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, weisen in der Axialrichtung Da aufeinander zu. Stiftlöcher, in denen die Drehmomentstifte 55 montiert sind, sind durch die stromabwärtsseitigen Stiftnuten 44dp und die stromaufwärtsseitigen Stiftnuten 44up definiert. Die Stiftlöcher, in denen die Drehmomentstifte 55 montiert sind, haben jeweils eine Säulenform korrespondierend zu der Form der säulenförmigen Drehmomentstifte 55.

[0060] Die Rotorscheibe 41 hat Schraubendurchgangslöcher 48, die jeweils sich über die Rotorscheibe 41 von der Fußfläche der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u zur Fußfläche der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d erstrecken und durch die Schraubenschrauben 51 eingesetzt sind. Ein Laufschaufelmontageteil 49, in dem der Laufschaufelfuß 85 (siehe **Fig. 4**) der Laufschaufel 82 montiert ist, ist auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr der Rotorscheibe 41 zwischen dem stromaufwärtsseitig ersten Arm 42u und den stromabwärtsseitig zweiten Arm 44d gebildet.

[0061] Wie gezeigt in **Fig. 5** hat der säulenförmige Drehmomentstift 55 ein Durchgangsloch 56, welches sich über den Drehmomentstift 55 von einer Endfläche zu anderen Endfläche der Säule erstreckt. Das Durchgangsloch 56 bildet den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35.

[0062] Wie gezeigt in **Fig. 2**, bilden eine erste Hohlraumgruppe 22, angeordnet am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21, und eine zweite Hohlraumgruppe 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite der und benachbart zu der ersten Hohlraumgruppe 22 in der Axialrichtung Da, einen Satz. In diesem Satz bildet die erste Hohlraumgruppe 22 die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die zweite Hohlraumgruppe 22 bildet die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Eine dritte Hohlraumgruppe 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite von und benachbart zu der zweiten Hohlraumgruppe 22 in der Axialrichtung Da, und eine vierte Hohlraumgruppe 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite von und benachbart zu der dritten Hohlraumgruppe 22 in der Axialrichtung Da, bilden einen Satz. In diesem Satz bildet die dritte Hohlraum-

gruppe 22 die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die vierte Hohlraumgruppe 22 bildet die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Eine fünfte Hohlraumgruppe 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite von und benachbart zu der vierten Hohlraumgruppe 22 in der Axialrichtung Da, und eine sechste Hohlraumgruppe 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite von und benachbart zu der fünften Hohlraumgruppe 22 in der Axialrichtung Da, bilden einen Satz. In diesem Satz bildet die fünfte Hohlraumgruppe 22 die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die sechste Hohlraumgruppe 22 bildet die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u.

[0063] Der radial äußere Strömungskanal 34, der eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, bildet einen Einlassströmungskanal 34d, über den Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 in den äußerer Hohlraum 24 strömt. Der radial äußere Strömungskanal 34, der eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, bildet einen Auslassströmungskanal 34u, über den Luft innerhalb des äußeren Hohlraums in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 ausströmt.

[0064] In der Rotorscheibe 41 zwischen der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u sind Axialströmungskanäle 37 gebildet, die eine Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellen. Wie in **Fig. 3** gezeigt, gibt es eine Lücke/einen Spalt 48s, der in der Axialrichtung Da zwischen dem Schaubendurchgangsloch 48 der Rotorscheibe 41 und einer Fläche auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr der Schaufelschraube 51 durch das Schaubendurchgangsloch 48 gelassen ist. Die Lücke/der Spalt 48s bildet den Axialströmungskanal 37. Eine Öffnung des Axialströmungskanals 37 zum Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d bildet eine Einlassöffnung 37i. Eine Öffnung des Axialströmungskanals 37 zum Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u bildet eine Auslassöffnung 37o. Eine Kante in der Radialrichtung Dr auf der Außenseite der Einlassöffnung 37i des Axialströmungskanals 37 ist in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite einer Mittelposition in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlräums 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d angeordnet. In ähnlicher Art und Weise ist eine Kante in der Radialrichtung Dr auf der Außenseite der Auslassöffnung 37o des Axialströmungskanals 37 ebenfalls in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite einer Mittelposition in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlräums 25 der Stromaufwärts-Hohl-

raumgruppe 22u angeordnet. Die Mittelposition in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlräums 25 bezieht sich auf eine Position, die in der Radialrichtung Dr einer halben Höhe von einer radial innenseitigen inneren Umfangsfläche zu einer radial außenseitigen inneren Umfangsfläche der inneren Umfangsflächen, die den ringförmigen Zwischenhohlräum 25 definieren, entspricht.

[0065] Deswegen sind in dieser Ausführungsform die Axialströmungskanäle 37 gebildet, die eine Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellen. In dieser Ausführungsform bilden deshalb sowohl der Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d als auch der Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u axiale Verbindungshohlräume. In der Rotorscheibe 41 ist die Vielzahl von Schaubendurchgangslöchern 48, durch die die Schaufelschrauben 51 gesetzt sind, derart geformt, um in der Umfangsrichtung Dc um eine Achse Ar angeordnet zu sein. Demensprechend sind in der Rotorscheibe 41 die Vielzahl von Axialströmungskanälen 37 ebenso derart geformt, dass sie in der Umfangsrichtung Dc um die Achse Ar angeordnet sind.

[0066] Im Folgenden wird eine Strömung von Luft innerhalb des Verdichtergehäuses 10 unter Verwendung der **Fig. 6** beschrieben werden.

[0067] Wenn Luft geliefert von der Einlassöffnung 11i des Verdichtergehäuses 10 in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, wird die Luft graduell verdichtet (zunehmend verdichtet), während sie durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 hin zu der Stromabwärtsseite strömt. Deswegen ist der Druck innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 auf der Stromabwärtsseite höher. Demensprechend ist der Druck innerhalb des radial äußeren Strömungskanals 34 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, die mit dem mit Luftverdichtungsströmungskanal 19 auf der Stromabwärtsseite basierend auf der Laufschaufelreihe 81 kommuniziert, höher als der Druck innerhalb des radial äußeren Strömungskanal 34 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, die mit dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 auf der Stromaufwärtsseite basierend auf dieser einen Laufschaufelreihe 81 kommuniziert. Demensprechend strömt die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 in den radial äußeren Strömungskanal 34 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d. Deswegen funktioniert, wie oben beschrieben, dieser radial äußere Strömungskanal 34 als der Einlassströmungskanal 34d.

[0068] Die Luft, welche in den Einlassströmungskanal 34d gestromt ist, strömt in den äußeren Hohlraum

24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d. Diese Luft strömt in dem Zwischenhohlraum 25 über den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 3, der innerhalb des Drehmomentstifts 55 gebildet ist. Die Luft, welche in den Zwischenhohlraum 25 gestromt ist, strömt in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u über den Axialströmungskanal 37, der über die Lücke/den Spalt 48s zwischen dem Schraubendurchgangsloch 48 der Rotorscheibe 41 und der Schafschraube 51 gebildet ist. Diese Luft strömt in den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u durch den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35, der innerhalb des Drehmomentstifts 55 gebildet ist. Die Luft, welche in den äußeren Hohlraum 24 gestromt ist, strömt in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 von dem radial äußeren Strömungskanal 34 hinaus, welcher die Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt. Deswegen, wie oben beschrieben, funktioniert dieser radial äußere Strömungskanal 34 als der Auslassströmungskanal 34u.

[0069] Deswegen wird in dieser Ausführungsform die Druckdifferenz in der Axialrichtung Da innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 als eine Antriebskraft genutzt, um eine Zirkulationsströmung eines Teils der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 zu erzeugen, der durch die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt und in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurückkehrt. Diese Zirkulationsströmung fördert die Belüftung innerhalb der Hohlräume der Rotorwelle 21.

[0070] Wie in **Fig. 4** gezeigt, gibt es ein Spiel zwischen einem radial äußeren Ende der Laufschaufel 82 und einer inneren Umfangsfläche des Verdichtergehäuses 10, welches diesem radial äußeren Ende in der Radialrichtung Dr gegenüberliegt. Dieses Spiel ist allgemein als Endspitzenspiel CC bezeichnet und ist bevorzugt vom Gesichtspunkt der Verdichterleistung her so klein wie möglich.

[0071] Das Maß in der Radialrichtung Dr des Verdichterrotors 20, insbesondere der Rotorwelle 21, ist groß relativ zu der Dicke des Verdichtergehäuses 10 in der Radialrichtung Dr. Demensprechend ist die Wärmekapazität des Verdichterrotors 20 größer als diejenige des Verdichtergehäuses 10, und die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 auf Temperaturänderungen der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, ist niedriger als diejenige des Verdichtergehäuses 10. Deswegen, wenn sich die Temperatur der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, ändert, geschieht eine Änderung im Endspitzenspiel CC aufgrund des Unterschieds in der ther-

mischen Antwort-Empfindlichkeit zwischen dem Verdichterrotor 20 und dem Verdichtergehäuse 10.

[0072] Sofern es eine signifikante Änderung im Endspitzenspiel CC gibt, ist es notwendig, ein großes Stationärzustandsspiel zur Verfügung zu stellen. Das Stationärzustandsspiel bezieht sich auf das Endspitzenspiel CC in einem Zustand, wo ein stabiler (stationärer) Betrieb der Gasturbine anhält und die Temperaturen des Verdichterrotors 20 und des Verdichtergehäuses 10 kontinuierlich gleich sind. Sofern dieses Stationärzustandsspiel groß ist, gelangt eine größere Menge von Luft zwischen das radial äußere Ende der Laufschaufel 82 und die innere Umfangsfläche des Verdichtergehäuses 10 während des stationären Betriebs der Gasturbine. Deswegen verschlechtert ein großes Stationärzustandsspiel nicht nur die Verdichterleistung während des Stationärbetriebs der Gasturbine, sondern verschlechtert auch die Gasturbinenleistung.

[0073] In dieser Ausführungsform wird deswegen, wie oben beschrieben, die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanal 19 über die Rotorwelle 21 geleitet, um hierdurch die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 für Temperaturänderungen der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, zu erhöhen, um die Änderung im Endspitzenspiel CC zu reduzieren. Weil die Änderung im Endspitzenspiel CC deswegen in dieser Ausführungsform reduziert ist, kann das Stationärzustandsspiel reduziert werden. Demensprechend kann in dieser Ausführungsform die Verdichterleistung während des stationären Betriebs der Gasturbine verbessert werden, und als Ergebnis kann die Gasturbinenleistung verbessert werden.

[0074] Im Folgenden wird der Grund, warum die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 in dieser Ausführungsform verbessert ist, unter Verwendung der **Fig. 7** und der **Fig. 8** beschrieben werden. In **Fig. 7** und **Fig. 8** repräsentieren die horizontale Achse und die vertikale Achse entsprechend die Umfangsgeschwindigkeit von Luft und den Abstand von der Achse Ar in der Radialrichtung Dr. In **Fig. 7** und **Fig. 8** zeigen die dicke gestrichelte Linie und die dünnen durchgezogenen Linien entsprechend die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle 21 und die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb der Rotorwelle 21.

[0075] **Fig. 7** zeigt Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb der Rotorwelle 21 in dieser Ausführungsform. Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle 21 Null an einer Position auf der Achse Ar. Wenn der Abstand von der Achse Ar ansteigt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle 21 proportional zum Abstand von der Achse Ar an. Deswegen erreicht

die Rotorwelle 21 eine maximale Umfangsgeschwindigkeit V auf der äußeren Umfangsfläche derselben.

[0076] Wie oben beschrieben unter Verwendung von **Fig. 6**, strömt die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanal 19 in den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d über den Einlassströmungskanal 34d. Eine Umfangsgeschwindigkeit v1 der Luft unmittelbar nach dem Strömen in den äußeren Hohlraum 24 kann als 0.5V angenommen werden, was in etwa die Hälfte der Umfangsgeschwindigkeit V der Rotorwelle 21 an der äußeren Umfangsfläche ist. Obwohl die Umfangsgeschwindigkeit v1 der Luft unmittelbar nach dem Strömen in den äußeren Hohlraum 24 hier als 0.5V angenommen wird, ist dies im Wesentlichen ein Beispiel, und die Umfangsgeschwindigkeit v1 kann durch Anpassen eines Spiels etc. geändert werden. Die Luft, welche in den äußeren Hohlraum 24 geströmt ist, strömt durch den äußeren Hohlraum 24 in der Radialrichtung Dr zu der Innenseite, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum äußeren Hohlraum 24 strömt. Die Umfangsgeschwindigkeit der Luft steigt aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses umgekehrt proportional zum Abstand von der Achse Ar an. Deswegen, weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft an. Wenn die Luft ein Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des äußeren Hohlraums 24 erreicht, wird die Umfangsgeschwindigkeit der Luft v2. Die Umfangsgeschwindigkeit v2 ist größer als die Umfangsgeschwindigkeit v1 der Luft unmittelbar nach dem diese in den äußeren Hohlraum 24 strömt ist. Die Luft strömt in einen der Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35, die am Ende offen sind. Die Luft, welche in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 geströmt ist, strömt durch den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr und strömt in den Zwischenhohlraum 25. Die Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 dreht sich zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 fast gleich wird zur Umfangsgeschwindigkeit des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35.

[0077] Es gibt einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit (v2 - V2) zwischen der Umfangsgeschwindigkeit v2 der Luft, die das Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des äußeren Hohlraums 24 und einer Umfangsgeschwindigkeit V2 einer Einlassöffnung 35di (siehe **Fig. 6**) erreicht hat, die eine radial außenseitige Öffnung des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 ist. Deswegen fast unmittelbar nachdem die Luft vom äußeren Hohlraum 24 in den radial dazwischenliegender

Strömungskanal 35 geströmt ist, passt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft mit der Umfangsgeschwindigkeit der Einlassöffnung 35di zusammen und dieser Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit (v2 - V2) wird null.

[0078] Wenn die Luft in den Zwischenhohlraum 25 strömt, strömt die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum Zwischenhohlraum 25 strömt. Innerhalb des Zwischenhohlraums 25, auch weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses an. Deswegen, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit des Zwischenhohlraums 25 an. Die Umfangsgeschwindigkeit der Luft wird v3 unmittelbar bevor die Luft eine Einlassöffnung 37i der Einlassöffnungen 37i der Vielzahl von Axialströmungskanälen 37 erreicht. Die Luft strömt in den Axialströmungskanal 37 über die Einlassöffnung 37i. Die Luft strömt durch den Axialströmungskanal 37 hin zu der Stromaufwärtsseite und strömt in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Die Luft innerhalb des Axialströmungskanals 37 dreht sich zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des Axialströmungskanals 37 fast gleich wird zur Umfangsgeschwindigkeit V3 des Axialströmungskanals 37.

[0079] Es gibt einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit (v3 - V3) zwischen der Umfangsgeschwindigkeit v3 der Luft unmittelbar vor dem Erreichen der Einlassöffnung 37i (siehe **Fig. 6**) des Axialströmungskanals 37 und der Umfangsgeschwindigkeit V3 der Einlassöffnung 37i des Axialströmungskanals 37. Deswegen, passt unmittelbar nachdem die Luft vom Zwischenhohlraum 25 in den Axialströmungskanal 37 geströmt ist, die Umfangsgeschwindigkeit der Luft mit der Umfangsgeschwindigkeit der Einlassöffnung 37i zusammen und dieser Unterschied in Umfangsgeschwindigkeit (v3 - V3) wird null.

[0080] Wenn die Luft in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt, strömt die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum Zwischenhohlraum 25 strömt. Innerhalb des Zwischenhohlraums 25, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Deswegen, weil die Luft durch den Zwischen-

hohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, wird der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom Zwischenhohlraum 25 größer. Wenn die Luft ein Ende auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 erreicht, wird die Umfangsgeschwindigkeit der Luft v4a. Die Luft strömt in einen der Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35, die am Ende offen sind. Die Luft strömt durch den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr, und strömt in den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Die Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 dreht sich zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 fast gleich wird zur einer Umfangsgeschwindigkeit V4a des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35.

[0081] Es gibt einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit ($v_{4a} - V_{4a}$) zwischen der Umfangsgeschwindigkeit v_{4a} der Luft, die das Ende auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 erreicht hat und der Umfangsgeschwindigkeit V_{4a} einer Einlassöffnung 35ui (siehe **Fig. 6**), die eine radial außenseitige Öffnung des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 ist. Deswegen passt unmittelbar nachdem die Luft von dem Zwischenhohlraum 25 in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 geströmt ist, die Umfangsgeschwindigkeit der Luft mit der Umfangsgeschwindigkeit der Einlassöffnung 35ui zusammen und der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit ($v_{4a} - V_{4a}$) wird null.

[0082] Wenn die Luft in den äußeren Hohlraum 24 strömt, strömt die Luft durch den äußerer Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum äußeren Hohlraum 24 strömt. Innerhalb des äußeren Hohlraums 24, auch weil die Luft durch den äußerer Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Deswegen, weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom äußeren Hohlraum 24 zu.

[0083] Diese Luft gelangt in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 über den Auslassströmungskanal 34u.

[0084] Deswegen, wird in dieser Ausführungsform, wie oben beschrieben, die Druckdifferenz in der Axialrichtung Da innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 als eine Antriebskraft genutzt, um

eine Zirkulationsströmung eines Teils der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19, die von dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 durch die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt und in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurückkehrt, genutzt. Insbesondere strömt in dieser Ausführungsform ein Teil der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 durch den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u in dieser Reihenfolge und kehrt zum Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurück. Deswegen kann in dieser Ausführungsform so lange die Rotorwelle 21 rotiert, die Innenseite jedes des äußeren Hohlraums 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, der Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, der Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und der äußere Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u mit der Zirkulationsströmung der Luft, die durch diese Hohlräume strömt, belüftet werden.

[0085] Darüber hinaus gibt es in dieser Ausführungsform einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und der Hohlräume 23 innerhalb der Hohlräume 23, durch die die Luft von dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt. Deswegen kann der Wärmeübertragungskoeffizient von Flächen der Rotorscheiben 41, die die Hohlräume 23 definieren, erhöht werden.

[0086] In Kürze gesagt, kann in dieser Ausführungsform die Innenseite eines jeden Hohlraums 23 mit der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, belüftet werden. Darüber hinaus kann in dieser Ausführungsform der Wärmeübertragungskoeffizient von Wandflächen der Rotorscheiben 41 erhöht werden. In dieser Ausführungsform kann deswegen die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 auf Temperaturänderungen der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, verbessert werden.

[0087] Ein Umfangsströmungskanal, der eine Verbindung aus der Vielzahl von Axialströmungskanälen 37 zur Verfügung stellt, die gebildet sind, um in der Umfangsrichtung Dc um die Achse Ar angeordnet zu sein, kann in der Rotorscheibe 41, an einer Zwischenposition der Vielzahl von Axialströmungskanälen 37 in der Axialrichtung Da gebildet sein. Dieser Umfangsströmungskanal ist ringförmig um die Achse Ar gebildet. Wenn dieser Umfangsströmungskanal gebildet ist, strömt die Luft, welche in die Einlassöffnung 37i des Axialströmungskanals 37 geströmt ist, durch den Axialströmungskanal 37 hin zu der Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung Da

und erreicht den Umfangströmungskanal. Anschließend strömt diese Luft strömt durch den Umfangströmungskanal in der Umfangsrichtung und strömt in den Zwischenhohlraum 25 auf der Stromaufwärtsseite von einem der Axialströmungskanäle 37. Die Übernahme dieser Form kann den gleichen Verbesserungseffekt bezüglich der thermischen Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 bewirken, wie in dieser Ausführungsform.

[0088] Im Folgenden werden Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb einer Rotorwelle in einem Vergleichsbeispiel der obigen Ausführungsform unter Verwendung der **Fig. 8** und der **Fig. 9** beschrieben werden.

[0089] Wie gezeigt in **Fig. 9** ist in diesem Vergleichsbeispiel der Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u der obigen Ausführungsform integriert, um einen (Ziffer) Hohlraum 23 zu bilden. Hier wird für die Einfachheit der nachfolgenden Beschreibung ein Hohlraum, bei dem der Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u integriert ist, als gemeinsamer Hohlraum 25x bezeichnet werden.

[0090] In diesem Vergleichsbeispiel strömt die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 innerhalb der Rotorwelle 21 durch den Einlassströmungskanal 34d, den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den gemeinsamen Hohlraum 25x, den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und den Auslassströmungskanal 34u in dieser Reihenfolge und gelangt zum Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurück.

[0091] Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft von der Innenseite des Luftverdichtungsströmungskanal 19 bis unmittelbar bevor die Luft den gemeinsamen Hohlraum 25x erreicht, sind die gleichen, wie in der obigen Ausführungsform. Deswegen ist die Umfangsgeschwindigkeit der Luft unmittelbar vor dem Erreichen des gemeinsamen Hohlraums 25x, d. h. die Luft am Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, in etwa gleich zur Umfangsgeschwindigkeit der Rotorwelle 21 an dieser Position.

[0092] Die Luft, welche von dem radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d in den gemeinsamen Hohlraum 25x geströmt ist, strömt in den radial dazwi-

schenliegenden Strömungskanal 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Eine Auslassöffnung des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d ist an einer Kante auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr eines stromabwärtsseitigen Teils des gemeinsamen Hohlraums 25x gebildet, und eine Einlassöffnung des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u ist an einer Kante auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr eines stromaufwärtsseitigen Teils des gemeinsamen Hohlraums 25x gebildet. Auf der anderen Seite ist keine Öffnung eines Strömungskanals in einer Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr gebildet. Dementsprechend strömt die Luft, welche von dem radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d in den gemeinsamen Hohlraum 25x geströmt ist, durch eine Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf die Außenseite in der Radialrichtung Dr hin zu der Stromaufwärtsseite und strömt in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Deswegen ist die Luft in der Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr unbewegt/stagnierend und es gibt fast keinen Luftstrom vom Luftverdichtungsströmungskanal 19.

[0093] Darauffolgende Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft, welche in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u geströmt ist, sind die gleichen wie in der obigen Ausführungsform.

[0094] In diesem Vergleichsbeispiel strömt, obwohl die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 in den gemeinsamen Hohlraum 25x strömt, wie oben beschrieben, diese Luft durch die Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr hin zu der Stromaufwärtsseite, während die Luft in der Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr ruhig steht. Deswegen kann in diesem Vergleichsbeispiel die Region des gemeinsamen Hohlraums 25x auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr nicht effektiv belüftet werden. Darüber hinaus strömt in diesem Vergleichsbeispiel die Luft, welche in den gemeinsamen Hohlraum 25x geströmt ist, nicht viel in der Radialrichtung Dr innerhalb des gemeinsamen Hohlraums 25x, so dass es einen kleinen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Hohlraum 23 gibt, der auftritt, wenn die Luft in der Radialrichtung Dr strömt.

[0095] In der oben genannten Ausführungsform sind deswegen die Einlassöffnung 37i und die Auslassöffnung 37o des Axialströmungskanals 37, der die Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und den Zwi-

schenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellt, welche dem gemeinsamen Hohlraum 25x dieses Vergleichsbeispiels entsprechen, an der Position wie oben beschrieben gebildet. Insbesondere ist in der obigen Ausführungsform, wie gezeigt in **Fig. 6**, die Kante auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr der Einlassöffnung 37i des Axialströmungskanals 37 auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr der Mittelposition in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d angeordnet, und die Kante auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr der Auslassöffnung 37o des Axialströmungskanals 37 ist auch angeordnet auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr der Mittelposition in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u.

Zweite Ausführungsform des Verdichters

[0096] Eine zweite Ausführungsform des Verdichters wird unter Bezugnahme auf **Fig. 10** bis **Fig. 13** beschrieben werden.

[0097] In dem Verdichter gemäß der ersten Ausführungsform kommunizieren der Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u miteinander über die Axialströmungskanäle 37. In dieser Ausführungsform, wie gezeigt in **Fig. 10**, kommunizieren der innere Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der innere Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u miteinander über Axialströmungskanäle 39. Deswegen bilden in dieser Ausführungsform der innere Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der innere Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u die axialen Verbindungshohlräume.

[0098] In der Rotorwelle 21 dieser Ausführungsform ist eine Vielzahl von radial inneren Strömungskanälen 38 anders als die radial äußeren Strömungskanäle 34 und die Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 gebildet. Der radial äußere Strömungskanal 34 stellt eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung. Die Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 stellt eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Zwischenhohlraum 25 zur Verfügung. Die Vielzahl von radial inneren Strömungskanälen 38 stellen eine Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 und dem inneren Hohlraum 26 zur Verfügung. Wie bei der Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 der ersten Ausführungsform sind die Vielzahl von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 dieser Ausführungsform auch in der Umfangsrichtung Dc voneinander getrennt. Wie bei der Vielzahl

von radial dazwischenliegenden Strömungskanälen 35 der ersten Ausführungsform ist die Vielzahl von radial inneren Strömungskanälen 38 dieser Ausführungsform ebenso in der Umfangsrichtung Dc voneinander getrennt.

[0099] Wie gezeigt in **Fig. 11** sind die Vielzahl von Hohlräumen 23, die eine Hohlraumgruppe 22 bilden, der radial äußere Strömungskanal 34, welcher die Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 von dieser Hohlraumgruppe 22 und der Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, die radial dazwischenliegenden Strömungskanäle 35, die die Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 und dem Zwischenhohlraum 25 dieser Hohlraumgruppe 22 zur Verfügung stellen, und die radial inneren Strömungskanäle 38, die die Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 und dem inneren Hohlraum 26 dieser Hohlraumgruppe 22 zur Verfügung stellen, alle zwischen zwei Rotorscheiben 41, die benachbart zueinander in der Axialrichtung Da sind, gebildet. **Fig. 11(A)** ist eine Schnittansicht der Rotorscheiben 41 und **Fig. 11(B)** ist eine Ansicht entlang des Pfeils B in **Fig. 11(A)**.

[0100] Wie in der ersten Ausführungsform sind der stromaufwärtsseitig erste Arm 42u, die stromaufwärtsseitig erste Ausnehmung 43u, der stromaufwärtsseitig zweite Arm 44u, die stromaufwärtsseitig zweite Ausnehmung 45u, der stromaufwärtsseitig dritte Arm 46u, und die stromaufwärtsseitig dritte Ausnehmung 47u auf der Stromaufwärtsseite einer (Ziffer) Rotorscheibe 41 gebildet. Wie in der ersten Ausführungsform sind die Vielzahl von stromaufwärtsseitigen Stiftnuten 44up, die ausgenommen sind hin zu der Stromabwärtsseite und die Verbindung zwischen der stromaufwärtsseitig ersten Ausnehmung 43u und der Stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u zur Verfügung stellen, in dem ringförmigen stromaufwärtsseitig zweiten Arm 44u ausgebildet. Darüber hinaus sind eine Vielzahl von stromaufwärtsseitigen Strömungskanalnuten-/rillen 46up die ausgenommen sind hin zu der Stromabwärtsseite und die Verbindung zwischen der stromaufwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45u und der stromaufwärtsseitig dritten Ausnehmung 47u zur Verfügung stellen, in dem ringförmigen stromaufwärtsseitig dritten Arm 46u gebildet.

[0101] Auf der Stromabwärtsseite einer (Ziffer) Rotorscheibe 41, sind der stromabwärtsseitig erste Arm 42d, die stromabwärtsseitig erste Ausnehmung 43d, der stromabwärtsseitig zweite Arm 44d, die stromabwärtsseitig zweite Ausnehmung 45d, der stromabwärtsseitig dritte Arm 46d, und die stromabwärtsseitig dritte Ausnehmung 47d gebildet. Wie in der ersten Ausführungsform sind die Vielzahl von stromabwärtsseitigen Stiftnuten 44dp, die ausgenommen sind hin zu der Stromaufwärtsseite und die Verbindung zwischen der stromabwärtsseitig ersten

Ausnehmung 43d und der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d zur Verfügung stellen, in dem ringförmigen stromabwärtsseitig zweiten Arm 44d gebildet. Darüber hinaus sind eine Vielzahl von stromabwärtsseitigen Strömungskanalnuten-/rillen 46dp, die ausgenommen sind hin zu der Stromaufwärtsseite und die Verbindung zwischen der stromabwärtsseitig zweiten Ausnehmung 45d und der stromabwärtsseitig dritten Ausnehmung 47d zur Verfügung stellen, in dem ringförmigen stromabwärtsseitig dritten Arm 46d gebildet.

[0102] In dieser Ausführungsform ist ebenfalls wie in der ersten Ausführungsform, der äußere Hohlraum 24 definiert durch die stromabwärtsseitig erste Ausnehmung 43d einer (Ziffer) Rotorscheibe 41, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite von zwei Rotor scheiben 41, die in der Axialrichtung Da benachbart zueinander sind, und durch die stromaufwärtsseitig erste Ausnehmung 43u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist. Der Zwischenhohlraum 25 ist definiert durch die stromabwärtsseitig zweite Ausnehmung 45d von einer (Ziffer) Rotorscheibe 41, die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist, von zwei Rotor scheiben 41, die in der Axialrichtung Da benachbart zueinander sind, und durch die stromaufwärtsseitig zweite Ausnehmung 45u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist. Der innere Hohlraum 26 ist definiert durch die stromabwärtsseitig dritte Ausnehmung 47d von einer (Ziffer) Rotorscheibe 41, die angeordnet ist auf der Stromaufwärtsseite von zwei Rotor scheiben 41, die in der Axialrichtung Da benachbart zueinander sind, und durch die stromaufwärtsseitig dritte Ausnehmung 47u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist.

[0103] Der radial äußere Strömungskanal 34 ist definiert durch den stromabwärtsseitig ersten Arm 42d von einer (Ziffer) Rotorscheibe 41, die angeordnet ist auf der Stromaufwärtsseite von zwei zueinander in der Axialrichtung Da benachbarten Rotor scheiben 41, und durch den stromaufwärtsseitig ersten Arm 42u der anderen Rotorscheibe 41, die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist.

[0104] Die Stiftlöcher, in denen die Drehmoments tife 55 montiert sind, werden definiert durch die stromabwärtsseitigen Stiftnuten 44dp und die strom aufwärtsseitigen Stiftnuten 44up. Wie in der ersten Ausführungsform, ist das Durchgangsloch 56k, welches den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 bildet, innerhalb des Drehmomentstifts 55 gebildet.

[0105] Der radial äußere Strömungskanal 34, der die Verbindung zwischen dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 und dem äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d der Hohlraum-

gruppen 22, welche einen Satz in der Rotorwelle 21 bilden, zur Verfügung stellt, bildet den Einlassströmungskanal 34d, über den die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanal 19 in den äußeren Hohlraum 24 strömt. Der radial äußere Strömungskanal 34, der die Verbindung zwischen dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 und dem äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellt, bildet den Auslassströmungskanal 34u, über den die Luft innerhalb des äußeren Hohlraums 24 in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 ausströmt.

[0106] In der Rotorscheibe 41 zwischen der Strom abwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, sind die Axialströmungskanäle 39 gebildet, die die Verbindung zwischen dem inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellen. Deswegen sind nicht wie in der ersten Ausführungsform die Axialströmungs kanäle 37, die die Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellen, in der Rotorscheibe 41 zwischen der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u gebildet.

[0107] Eine Öffnung des Axialströmungskanals 39 zum inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d bildet eine Einlassöffnung 39i. Eine Kante in der Radialrichtung Dr auf der Außenseite der Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 ist in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite einer Mittelposition in der Radialrichtung Dr des inneren Hohlraums 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d angeordnet. Eine Öffnung des Axialströmungskanals 39 zum inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u bildet eine Auslassöffnung 39o. Eine Kante in der Radialrichtung Dr auf der Außenseite der Auslassöffnung 39o des Axialströmungskanals 39 ist auch in der Radialrichtung Dr auf der Innenseite einer Mittelposition in der Radialrichtung Dr des inneren Hohlraums 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u angeordnet. Die Mittelposition in der Radialrichtung Dr des inneren Hohlraums 26 bezieht sich auf eine Position, die der halben Höhe in der Radialrichtung Dr von einer radial innenseitigen inneren Umfangsfläche zu einer radial äußeren Seite der inneren Umfangsfläche von inneren Umfangsflächen entspricht, die den ringförmigen inneren Hohlraum 26 definieren.

[0108] Im Folgenden wird eine Strömung von Luft innerhalb des Verdichtergehäuses 10 unter Verwendung der **Fig. 12** beschrieben werden.

[0109] In dieser Ausführungsform funktioniert wie in der ersten Ausführungsform der radial äußere Strömungskanal 34, der eine Verbindung zwischen dem äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 zur Verfügung stellt, als der erste Einlassströmungskanal 34d, und die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 strömt in den Einlassströmungskanal 34d.

[0110] In dieser Ausführungsform strömt auch wie in der ersten Ausführungsform die Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanal 19 innerhalb der Rotorwelle 21 über den Einlassströmungskanal 34d, den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d in dieser Reihenfolge. Danach strömt die Luft, welche in den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d gestromt ist, durch den radial inneren Strömungskanal 38 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und den inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d in dieser Reihenfolge. Die Luft, welche in den inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d gestromt ist, strömt in den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u durch den Axialströmungskanal 39. Die Luft, welche in den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u gestromt ist, strömt in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u durch den radial inneren Strömungskanal 38 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Wie in der obigen Ausführungsform strömt die Luft, welche in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u gestromt ist, durch den radial dazwischenliegender Strömungskanal 35 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und den Auslassströmungskanal 34u in dieser Reihenfolge und kehrt zum Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurück.

[0111] Im Folgenden werden Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb der Rotorwelle 21 in dieser Ausführungsform unter Verwendung der **Fig. 13** beschrieben.

[0112] Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft von innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 bis die Luft den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d erreicht, sind die gleichen wie in der obigen Ausführungsform. Wenn die Luft den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d strömt, strömt die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum Zwischenhohlraum

25 strömt. Innerhalb des Zwischenhohlraums 25, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft wegen des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses an. Deswegen, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom Zwischenhohlraum 25 an. Wenn die Luft ein Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 erreicht, strömt die Luft in einen aus der Vielzahl von radial inneren Strömungskanälen 38, die sich an der Kante öffnet.

[0113] Die Luft strömt durch den radial inneren Strömungskanal 38 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr und strömt in den inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d. Die Luft dreht sich innerhalb des radial inneren Strömungskanals 38 zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des radial inneren Strömungskanals 38 fast gleich wird zu der Umfangsgeschwindigkeit des radial inneren Strömungskanals 38.

[0114] Wenn die Luft in den inneren Hohlraum 26 strömt, strömt die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum inneren Hohlraum 26 strömt. Innerhalb des inneren Hohlraums 26, auch weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft wegen des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses an. Deswegen, weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom inneren Hohlraum 26 an. Wenn die Luft eine der Öffnungen der Vielzahl von Axialströmungskanälen 39 erreicht, strömt die Luft durch diese Öffnung in den Axialströmungskanal 39. Die Luft strömt durch den Axialströmungskanal 39 hin zu der Stromaufwärtsseite und strömt in den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Die Luft innerhalb des Axialströmungskanal 39 dreht sich zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des Axialströmungskanal 39 fast gleich wird zu der Umfangsgeschwindigkeit des Axialströmungskanals 39.

[0115] Wenn die Luft in den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt, strömt die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zu dem inneren Hohlraum 26 strömt. Innerhalb des inneren Hohlraums 26, weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft

wegen des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Deswegen, weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom inneren Hohlraum 26 zu. Wenn die Luft ein Ende auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr des inneren Hohlraums 26 erreicht, strömt die Luft in eine der Vielzahl der radial inneren Strömungskanäle 38, die sich an dem Ende öffnen.

[0116] Die Luft strömt durch den radial inneren Strömungskanal 38 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr, und strömt in den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u. Die Luft innerhalb des radial inneren Strömungskanals 38 dreht sich zusammen mit der Rotorwelle 21 um die Achse Ar, so dass die Umfangsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des radial inneren Strömungskanals 38 fast gleich wird zu der Umfangsgeschwindigkeit des radial inneren Strömungskanals 38.

[0117] Nachfolgende Änderungen in der Umfangsgeschwindigkeit der Luft, bis die Luft zum Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurückkehrt, nach dem Strömen durch den Zwischenhohlraum 25, den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35, den äußeren Hohlraum 24, und den Auslassströmungskanal 34u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u sind die gleichen wie in der obigen Ausführungsform.

[0118] Wie oben beschrieben, wird in dieser Ausführungsform, wie in der ersten Ausführungsform, die Druckdifferenz in der Axialrichtung Da innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 als eine Antriebskraft genutzt, um eine Zirkulationsströmung eines Teils der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 zu erzeugen, der von dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 über die Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt und in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurückkehrt. Insbesondere strömt in dieser Ausführungsform ein Teil der Luft innerhalb des Luftverdichtungsströmungskanals 19 durch den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und den äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u in dieser Reihenfolge, und kehrt in den Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurück. Deswegen kann in dieser Ausführungsform, solange die Rotorwelle 21 rotiert, die Innenseite jedes der Hohlräume der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und der Hohlräume der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u mit der Zirkulationsströmung der Luft, die durch diese Hohlräume strömt, belüftet werden. Insbesondere kann in dieser Ausführungsform, weil die Zirku-

lationsströmung auch über die Innenseite des inneren Hohlraums 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und des inneren Hohlraums 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt, die Innenseite dieser Hohlräume ebenfalls belüftet werden.

[0119] In dieser Ausführungsform gibt es auch einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Hohlraum 23 innerhalb der Hohlräume 23, durch die die Luft von dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt. Deswegen kann der Wärmeübertragungskoeffizient der Flächen der Rotorscheiben 41, die die Hohlräume 23 definieren, erhöht werden.

[0120] In dieser Ausführungsform kann deswegen die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Verdichterrotors 20 auf Temperaturänderungen der Luft, die durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 strömt, stärker verbessert werden als in der ersten Ausführungsform.

[0121] Ein erstes abgewandeltes Beispiel der zweiten Ausführungsform wird beschrieben werden unter Bezugnahme auf **Fig. 14** bis **Fig. 22**.

[0122] In der ersten und zweiten Ausführungsformen, sofern es einen großen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Radialströmungskanal oder dem Axialströmungskanal gibt, wenn die Luft von einem der Hohlräume 23 in diesen Strömungskanal strömt, kann die Luft nicht geschmeidig in diesen Strömungskanal strömen, was einen Druckabfall der Luftströmung bewirkt.

[0123] In diesem abgewandelten Beispiel ist deswegen der Druckabfall der Luftströmung durch das Zulassen des geschmeidigen Strömens der Luft in den Strömungskanal reduziert, sogar wenn es einen Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Strömungskanal gibt. Zu diesem Zweck ist in diesem abgewandelten Beispiel ein einlassseitiger Teil des Strömungskanals, aufweisend die Einlassöffnung, derart gebildet, dass sich der einlassseitige Teil hin zu der Einlassöffnung erstreckt. Der einlassseitige Teil ist hin zu der gegenüberliegen Seite einer Richtung, relativ zu der Einlassöffnung, der Luft, die in die Einlassöffnung in der Umfangsrichtung Dc strömt, gerichtet.

[0124] Insbesondere, wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 16**, ist ein einlassseitiger Teil, aufweisend die Einlassöffnung 35d, welche eine Öffnung auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr eines radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d ist, der eine Verbindung zwischen dem äußerer Hohlraum 24 und dem Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d zur Verfügung stellt, der-

art gebildet, dass er hin zu einer Drehseite der Rotorwelle 21 in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil sich der einlassseitige Teil hin zu der Einlassöffnung 35di erstreckt. **Fig. 14** ist eine Pfeilansicht eines Hauptteils der Rotorscheibe 41 dieses abgewandelten Beispiels, welches eine Abwandlung einer Ansicht entlang des Pfeils XIV in **Fig. 11** ist. In anderen Worten ist **Fig. 14** eine Ansicht der Rotorscheibe 41 dieses abgewandelten Beispiels, wie es in der Axialrichtung Da von Stromabwärtsseite hin zu der Stromaufwärtsseite gesehen wird. **Fig. 16** ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung von Position P2 der Einlassöffnung 35di des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d in **Fig. 14** zeigt.

[0125] Wie unter Verwendung von **Fig. 7**, kann die Umfangsgeschwindigkeit v_1 unmittelbar nachdem sie vom Luftverdichtungsströmungskanal 19 über den Einlassströmungskanal 34d den äußeren Hohlraum 24 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d geströmt ist, als 0,5V angenommen werden, welches im Wesentlichen die Hälfte der Umfangsgeschwindigkeit V der Rotorwelle 21 an der äußeren Umfangsfläche ist. Diese Luft strömt durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr, während sie in der Umfangsrichtung Dc relativ zum äußeren Hohlraum 24 strömt. Weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft, aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses zu. Deswegen, weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, erreicht die Umfangsgeschwindigkeit der Luft die Umfangsgeschwindigkeit der Einlassöffnung 35di des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d. Jedoch ist, wie gezeigt in **Fig. 7** und **Fig. 14** gezeigt, sogar am Punkt, wenn die Luft das Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des äußeren Hohlraums 24 erreicht, die Umfangsgeschwindigkeit v_2 der Luft niedriger als die Umfangsgeschwindigkeit V_2 der Einlassöffnung 35di des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d.

[0126] Deswegen, wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 16**, ist die Richtung einer relativen Umfangsgeschwindigkeit vr_2 ($= v_2 - V_2 < 0$) der Luft, die in die Einlassöffnung 35di relativ zu der Einlassöffnung 35di hin zu einer Gegendrehseite gerichtet, die entgegengesetzt zur Drehseite der Rotorwelle 21 der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist. Wie oben beschrieben erhöht die Luft beim Vorgang des Strömens vom äußeren Hohlraum 24 in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35 ihre Umfangsgeschwindigkeit, so dass relative Umfangsgeschwindigkeit vr_2 ($= v_2 - V_2 < 0$) null wird. In diesem Beispiel, ist deswegen der einlassseitige Teil aufweisend die Einlassöffnung 35di derart geformt, dass er hin zur Drehseite in der Umfangsrichtung

Dc gerichtet ist, weil sich der einlassseitige Teil hin zu der Einlassseitenöffnung erstreckt, so dass die Luft, welche hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc strömt, relativ zu der Einlassöffnung 35di weist und durch die Einlassöffnung 35di aufgenommen wird. Insbesondere ist der Einlassteil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d relativ zum anderen Teil um einen Neigungswinkel α_2 hin zu der Drehseite (Drehrichtungsseite) geneigt. Weiter insbesondere, wenn die Relativgeschwindigkeit der Luft in der Nähe der Einlassöffnung 35di innerhalb des äußeren Hohlraums 24 VA2 ist und die relative Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Radialrichtung Dr, welche eine Komponente dieser Relativgeschwindigkeit VA2 in der Radialrichtung ist, vdri ist, ist es bevorzugt, dass die Gleichung $\tan^{-1}\alpha_2 = vr_2 / vdri$ erfüllt wird. Dieser Neigungswinkel α_2 stimmt mit der Richtung des Vektors des relativen Strömungsgeschwindigkeit VA2 überein. Im Vergleich zum einfachen Neigen des einlassseitigen Teils, kann ein Auswählen eines solchen Neigungswinkels α_2 weiterhin den Druckabfall der Luft beim Vorgang des Strömens vom äußeren Hohlraum 24 in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d reduzieren.

[0127] Wie oben beschrieben, variiert die Geschwindigkeit V_1 der Luft unmittelbar nach dem Strömen in den äußeren Hohlraum 24 durch den Einlassströmungskanal 34d, entsprechend der Struktur des Einlassströmungskanals 34d, den Betriebsbedingungen des Verdichters, etc. Deswegen kann die Richtung der relativen Umfangsgeschwindigkeit vr_2 ($= v_2 - V_2$) der Luft relativ zu der Einlassöffnung 35di hin zu der Drehseite der Rotorwelle 21 gerichtet sein. In diesem Fall ist es wünschenswert, dass der einlassseitige Teil aufweisend die Einlassöffnung 35di des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d hin zu der Gegendrehseite (Gegendrehrichtungsseite) entgegengesetzt zur Drehseite (Drehrichtungsseite) um einen vorbestimmten Winkel geneigt ist.

[0128] In dieser Ausführungsform, ist der radial dazwischenliegende Strömungskanal 35d innerhalb eines Drehmomentstiftes 55d gebildet. Deswegen ist, wie gezeigt in **Fig. 21**, ein Durchgangsloch 56d des Drehmomentstifts 55d, welches den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d bildet, so dass ein einlassseitiger Teil, aufweisend die Einlassöffnung 35di, welche die Öffnung auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr ist, gerichtet hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 35di erstreckt.

[0129] Wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 17**, ist in diesem abgewandelten Beispiel, ein einlassseitiger Teil aufweisend eine Einlassöffnung 38di, welche eine Öffnung auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr

eines radial inneren Strömungskanals 38d ist, der die Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 und dem inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d zur Verfügung stellt, gebildet, derart, um zur Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet zu sein, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 38di erstreckt. Darüber hinaus, wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 18**, ist ein einlassseitiger Teil aufweisend die Einlassöffnung 39i, welche eine Öffnung des Axialströmungskanals 39 zum inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d ist, derart gebildet, um hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet zu sein, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 39i erstreckt. **Fig. 17** ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P3 der Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d in **Fig. 14** zeigt. **Fig. 18** ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P4 der Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 in **Fig. 14** zeigt.

[0130] Wie oben unter Verwendung von **Fig. 13** beschrieben, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft an, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt. Deswegen ist an einem Punkt, wenn die Luft das Ende auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 erreicht, die Umfangsgeschwindigkeit v3 der Luft höher als die Umfangsgeschwindigkeit V3 der Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d.

[0131] Deswegen weist, wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 17**, die Richtung einer relativen Umfangsgeschwindigkeit vr3 ($= v3 - V3 > 0$) der Luft, die in die Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d relativ zu der Einlassöffnung 38di strömt, hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc. Wie oben beschrieben, wird in dem Vorgang des Strömens vom Zwischenhohlraum 25 in den radial inneren Strömungskanal 38d die Umfangsgeschwindigkeit der Luft reduziert, so dass die relative Umfangsgeschwindigkeit vr3 ($= v3 - V3 > 0$) null wird. In diesem Beispiel ist deswegen der einlassseitige Teil aufweisend die Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d derart geformt, um hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc zu weisen, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 38di erstreckt, so dass die Luft, die hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc relativ zur Einlassöffnung 38di strömt, der Einlassöffnung 38di gegenüberliegt und von dieser aufgenommen wird. Insbesondere ist das Einlassteil des radial inneren Strömungskanals 38d relativ zum anderen Teil dessen um einen Neigungswinkel α_3 hin zu der Gegendrehseite (entgegengesetzte Drehrichtungsseite) geneigt. Weiter ist es insbesondere

bevorzugt, wenn die Relativgeschwindigkeit der Luft in der Nähe der Einlassöffnung 38di innerhalb des Zwischenhohlraums 25 VA3 ist und die relative Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Radialrichtung Dc, welche eine Komponente in der Radialrichtung dieser Relativgeschwindigkeit VA3 ist, vdri ist, dass die Gleichung $\tan^{-1}\alpha_3 = vr3 / vdri$ erfüllt ist. Dieser Neigungswinkel α_3 trifft mit der Richtung des Vektors des relativen Strömungsgeschwindigkeit VA3 zusammen. Im Vergleich zum einfachen Neigen des einlassseitigen Teils, kann ein Auswählen solch eines Neigungswinkels α_3 den Druckabfall der Luft in dem Vorgang des Strömens vom Zwischenhohlraum 25 in den radial inneren Strömungskanal 38d weiter reduzieren.

[0132] Wie oben unter Verwendung von **Fig. 13** beschrieben, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft an, weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt. Deswegen ist eine Umfangsgeschwindigkeit v4 der Luft unmittelbar bevor die Luft die Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 innerhalb des inneren Hohlraums 26 erreicht höher als eine Umfangsgeschwindigkeit V4 der Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39.

[0133] Deswegen, wie gezeigt in **Fig. 14** und **Fig. 18**, ist die Richtung einer relativen Umfangsgeschwindigkeit vr4 ($= v4 - V4 > 0$) der Luft unmittelbar bevor diese in die Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 strömt relativ zu der Einlassöffnung 39i hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet. Wie oben beschrieben, vermindert in dem Vorgang des Strömens vom inneren Hohlraum 26 in den Axialströmungskanal 39 die Luft ihre Umfangsgeschwindigkeit, so dass die relative Umfangsgeschwindigkeit vr4 ($= v4 - V4 > 0$) null wird. In diesem Beispiel, ist deswegen ein einlassseitiger Teil, aufweisend die Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 derart gebildet, dass er hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 39i erstreckt, so dass die Luft, die hin zur Drehseite in der Umfangsrichtung Dc relativ zur Einlassöffnung 39i strömt, dieser gegenüberliegt und von der Einlassöffnung 39i aufgenommen wird. Insbesondere ist der Einlassteil des Axialströmungskanals 39 relativ zum anderen Teil dessen um einen Neigungswinkel α_4 hin zu der Gegendrehseite (entgegengesetzte Drehrichtungsseite) geneigt. Weiter insbesondere, wenn die Relativgeschwindigkeit der Luft in der Nähe der Einlassöffnung 39di innerhalb des inneren Hohlraums 26 VA4 ist, und die relative Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Axialrichtung Da, welche eine Komponente in der Axialrichtung dieser Relativgeschwindigkeit VA4 ist, vda ist, ist es bevorzugt, dass die Gleichung $\tan^{-1}\alpha_4 = vr4 / vda$ erfüllt wird. Dieser Neigungswinkel α_4 passt mit der

Richtung des Vektors des relativen Strömungsgeschwindigkeit VA_4 zusammen. Im Vergleich, zum einfachen Neigen des einlassseitigen Teils, kann das Auswählen eines solchen Neigungswinkels α_4 den Druckabfall der Luft in dem Vorgang des Strömens vom inneren Hohlraum 26 in den Axialströmungskanal 39 weiter vermindern.

[0134] Wie gezeigt in **Fig. 15** und **Fig. 19**, ist in diesem abgewandelten Beispiel ein einlassseitiger Teil aufweisend eine Einlassöffnung 38ui, welche eine Öffnung ist auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr eines radial inneren Strömungskanals 38u, der eine Verbindung zwischen dem inneren Hohlraum 26 und dem Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellt, derart gebildet, dass er hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 38ui erstreckt. Darüber hinaus, wie gezeigt in **Fig. 15** und **Fig. 20**, ist ein einlassseitiger Teil aufweisend die Einlassöffnung 35ui, welche eine Öffnung auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr eines radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u ist, welcher eine Verbindung zwischen dem Zwischenhohlraum 25 und dem äußeren Hohlraum 24 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u zur Verfügung stellt, ebenso gebildet, derart, dass er auch hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 35ui erstreckt. **Fig. 15** ist eine Pfeilansicht eines Hauptteils der Rotorscheibe 41 dieses abgewandelten Beispiels, welcher eine Abwandlung ist von einer Ansicht entlang des Pfeils XV in **Fig. 11**. In anderen Worten, **Fig. 15** ist eine Ansicht der Rotorscheibe 41 dieses abgewandelten Beispiels gesehen in der Axialrichtung Da von der Stromaufwärtsseite hin zu der Stromabwärtsseite. Demensprechend ist die Drehseite in der Umfangsrichtung Dc , die in der **Fig. 15** angezogen ist, die gegenüberliegende Seite von der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc , die in der **Fig. 14** angezogen ist. **Fig. 19** ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P5 der Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u in **Fig. 15** zeigt. **Fig. 20** ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P6 der Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u in **Fig. 15** zeigt.

[0135] Wie oben beschrieben unter Verwendung von **Fig. 13** nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft ab, weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt. Deswegen ist an einem Punkt, wenn die Luft das Ende auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr des inneren Hohlraums 26 erreicht, eine Umfangsgeschwindigkeit v_5 der Luft niedriger als eine Umfangsgeschwindigkeit V_5 der Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u.

digkeit V_5 der Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u.

[0136] Deswegen, wie gezeigt in **Fig. 15** und **Fig. 19**, ist die Richtung einer relativen Umfangsgeschwindigkeit vr_5 ($= v_5 - V_5 < 0$) der Luft, die in die Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u strömt, relativ zu der Einlassöffnung 38ui hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet. Wie oben beschrieben, erhöht in dem Vorgang des Strömens vom inneren Hohlraum 26 in dem radial inneren Strömungskanal 38u die Luft ihre Umfangsgeschwindigkeit, so dass die relative Umfangsgeschwindigkeit vr_5 ($= v_5 - V_5 < 0$) null wird. In diesem Beispiel ist deswegen der einlassseitige Teil aufweisend die Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u derart gebildet, dass sie gerichtet ist hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc , weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 38ui erstreckt, so dass die Luft, die hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc relativ zu der Einlassöffnung 38ui strömt, dieser gegenüberliegt und durch die Einlassöffnung 38ui aufgenommen wird. Insbesondere ist der Einlassteil des radial inneren Strömungskanals 38u relativ zum dessen anderem Teil um einen Neigungswinkel α_5 hin zu der Drehseite (Drehrichtungsseite) geneigt. Weiter insbesondere, wenn die Relativgeschwindigkeit der Luft in der Nähe der Einlassöffnung 38ui innerhalb des inneren Hohlraums 26 VA_5 ist, und die relative Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Radialrichtung Dc , welche eine Komponente in der Radialrichtung dieser Relativgeschwindigkeit VA_5 ist, vd_{ro} ist, ist es bevorzugt, dass die Gleichung $\tan^{-1}\alpha_5 = vr_5 / vd_{ro}$ erfüllt wird. Dieser Neigungswinkel α_5 passt mit der Richtung des Vektors der relativen Strömungsgeschwindigkeit VA_5 zusammen. Im Vergleich zum einfachen Neigen des einlassseitigen Teils kann eine Auswahl eines solchen Neigungswinkels α_5 den Druckabfall der Luft in dem Vorgang des Strömens vom inneren Hohlraum 26 in den radial inneren Strömungskanal 38u vermindern.

[0137] Wie oben beschrieben unter Verwendung von **Fig. 13** nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft ab, wenn die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt. Deswegen ist an dem Punkt, wenn die Luft das Ende auf der Außenseite in der Radialrichtung Dr des Zwischenhohlraums 25 erreicht, eine Umfangsgeschwindigkeit v_6 der Luft niedriger als eine Umfangsgeschwindigkeit V_6 der Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u.

[0138] Deswegen, wie gezeigt in **Fig. 15** und **Fig. 20**, ist die Richtung einer relativen Umfangsgeschwindigkeit vr_6 ($= v_6 - V_6 < 0$) der Luft, die in die

Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u relativ zu der Einlassöffnung 35ui hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet. Wie oben beschrieben steigt in dem Vorgang des Strömens vom Zwischenhohlraum 25 in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35u die Luft ihre Umfangsgeschwindigkeit, so dass die relative Umfangsgeschwindigkeit v_r6 ($= v_6 - V_6$) null wird. In diesem Beispiel ist deswegen der einlassseitige Teil aufweisend die Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u derart geformt, dass sie hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil sich der einlassseitige Teil hin zu der Einlassöffnung 35ui erstreckt, so dass die Luft, die hin zu der Gegendrehseite in der Umfangsrichtung Dc relativ zu der Einlassöffnung 35ui strömt, dieser gegenüberliegt und durch die Einlassöffnung 35ui aufgenommen wird. Insbesondere ist der Einlassteil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u relativ zu dessen anderem Teil um einen Neigungswinkel α_6 hin zu der Drehseite (Drehrichtungsseite) geneigt. Weiter insbesondere, wenn die Relativgeschwindigkeit der Luft in der Nähe der Einlassöffnung 35ui innerhalb des Zwischenhohlraum 25 V_A6 ist, und die relative Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Radialrichtung Dc, welche eine Komponente in der Radialrichtung dieser Relativgeschwindigkeit V_A6 ist, v_{dro} ist, ist es bevorzugt, dass die Gleichung $\tan^{-1}\alpha_6 = v_r6 / v_{dro}$ erfüllt wird. Dieser Neigungswinkel α_6 fällt mit der Richtung des Vektors der relativen Strömungsgeschwindigkeit V_A6 zusammen. Im Vergleich zum einfachen Neigen des einlassseitigen Teils, kann das Auswählen eines solchen Neigungswinkels α_6 den Druckabfall der Luft in den Vorgang des Strömens vom Zwischenhohlraum 25 in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35u weiter reduzieren.

[0139] In dieser Ausführungsform ist der radial dazwischenliegende Strömungskanal 35u innerhalb eines Drehmomentstifts 55u gebildet. Dementsprechend, wie gezeigt in **Fig. 22**, ist ein Durchgangsloch 56u des Drehmomentstifts 55u, welches den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35u bildet, derart gebildet, dass ein einlassseitiger Teil aufweisend die Einlassöffnung 35ui, welche die Öffnung ist auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr, hin zu der Drehseite in der Umfangsrichtung Dc gerichtet ist, weil der einlassseitige Teil sich hin zu der Einlassöffnung 35ui erstreckt.

[0140] Obwohl dieses abgewandelte Beispiel ein erstes abgewandeltes Beispiel der zweiten Ausführungsform ist, können die Abwandlungen auch bei der ersten Ausführungsform angewandt werden.

[0141] Im Folgenden wird ein zweites abgewandeltes Beispiel der zweiten Ausführungsform beschrieben werden unter Bezugnahme auf **Fig. 23** bis **Fig. 29**.

[0142] Dieses abgewandelte Beispiel ist ein Beispiel, in dem ein Auslassteil des Radialströmungskanals oder des Axialströmungskanal geneigt ist hin zu der Drehrichtungsseite der Rotorwelle 21 oder hin zu der Gegendrehseite entgegengesetzt zur Drehrichtungsseite. In diesem Beispiel sind die Auslassteile der Strömungskanäle, nämlich die Radialströmungskanäle der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d, die Radialströmungskanäle der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und der Axialströmungskanal, der in dem ersten abgewandelten Beispiel gezeigt wurde, offen in der Richtung, die zusammenfällt mit der Radialrichtung Dr oder der Axialrichtung Da, ohne geneigt zu sein relativ zu der Drehrichtung. Jedoch können diese Auslassteile geneigt sein hin zu der Drehrichtungsseite oder hin zu der gegenüberliegenden Seite von der Drehrichtungsseite (Gegendrehseite).

[0143] **Fig. 23** zeigt ein Beispiel, in dem ein auslassseitiger Teil 35dop aufweisend eine Auslassöffnung 35do auf der radial inneren Seite des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist. **Fig. 24** zeigt ein Beispiel, bei dem der auslassseitige Teil 35dop aufweisend die Auslassöffnung 35do des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d hin zu der Gegendrehseite gegenüberliegend von der Drehrichtungsseite geneigt ist. **Fig. 23** und **Fig. 24** sind schematische Ansichten, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P7 der Auslassöffnung 35do des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d in **Fig. 14** zeigen.

[0144] Wie gezeigt in **Fig. 23**, wenn der auslassseitige Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d relativ zum anderen Teil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d um einen Neigungswinkel β_{21} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, strömt die Luft, die über ein Zwischenstück des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d strömt, mit einer Umfangsgeschwindigkeit V_2 und einer Radialgeschwindigkeit v_{ri} . Mit dem auslassseitigen Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d, der deswegen geneigt ist um den Neigungswinkel β_{21} hin zu der Drehrichtungsseite, wird die Axialgeschwindigkeit am geneigten auslassseitigen Teil 35dop (die Geschwindigkeit in der Axialrichtung des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 35dop) v_{riL} . Eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) v_{r1} in der Umfangsrichtung Dc des radial auslassseitigen Teils 35dop wird zu der Umfangsgeschwindigkeit V_2 der Luft hinzu addiert. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d ein resultierender Fluss $v_{riL} + v_{r1}$ in der Radialrichtung Dr erzeugt.

mungskanals 35d die Umfangsgeschwindigkeit der Luft V3 ($V_2 + vr_{21}$). Insbesondere strömt die Luft unmittelbar nach dem Strömen aus dem auslassseitigen Teil 35dop in den Zwischenhohlraum 25 (axialer Verbindungshohlraum) hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr mit der Umfangsgeschwindigkeit V3, welche um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vr_{21} vom Zwischenhohlraum 25 höher ist. Weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses an. Deswegen, weil die Luft hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vom Zwischenhohlraum 25 an und der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft in den radial inneren Strömungskanal 38d strömt, steigt, aber der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 steigt und der Wärmeübergang wird gefördert.

[0145] Im Gegensatz dazu, wie gezeigt in **Fig. 24** gezeigt, wenn der auslassseitige Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d relativ zum anderen Teil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d um einen Neigungswinkel β_{22} hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, strömt die Luft, die durch das Zwischenteil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d strömt, mit der Umfangsgeschwindigkeit V_2 und der Radialgeschwindigkeit $vdri$. Mit dem auslassseitigen Teil 35dop auf der Innenseite in der Radialrichtung Dr des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d, der deswegen um den Neigungswinkel β_{22} hin zu der Gegendrehseite in der gegenüberliegenden Richtung von der Drehrichtungsseite geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit am geneigten auslassseitigen Teil 35dop (die Geschwindigkeit in der Axialrichtung des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 35dop) $vdriM$. Am auslassseitigen Teil 35dop fällt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft um eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) vr_{22} in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit $vdriM$ des auslassseitigen Teils 35dop ab. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d die Umfangsgeschwindigkeit der Luft V_3 ($V_2 - vr_{22}$). Insbesondere strömt Luft unmittelbar nach dem Strömen aus dem auslassseitigen Teil 35dop in den Zwischenhohlraum 25 (axialer Verbindungshohlraum) hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr mit einer Umfangsgeschwindigkeit, die niedriger ist als die Umfangsgeschwindigkeit V_2 der Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vr_{22} vom Zwischenhohlraum 25. Weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehim-

pulses an. Auf der anderen Seite fällt die Umfangsgeschwindigkeit des Zwischenhohlraums 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr ab. Deswegen fällt bei dem Vorgang der Strömung der Luft über den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 graduell ab. Weil der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 abfällt, fällt der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 ab. Jedoch, wenn eine Position, bei der die Differenz der Umfangsgeschwindigkeiten des Zwischenhohlraums 25 und der Luft in der Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d niedrig wird, in dem Luft vom Zwischenhohlraum 25 strömt, gewählt wird, kann der Druckabfall, der, wenn die Luft vom Zwischenhohlraum 25 in die Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d strömt, signifikant vermindert werden.

[0146] **Fig. 23** zeigt auch ein Beispiel, bei dem ein auslassseitiger Teil 38dop, aufweisend eine Auslassöffnung 38do des radial inneren Strömungskanals 38d relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38d um einen Neigungswinkel β_{31} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist. In **Fig. 23** sind Bezugszeichen, die sich auf den radial inneren Strömungskanal 38d beziehen, in Klammern gesetzt. Die Teile in den Klammern von **Fig. 23** sind diejenigen einer schematischen Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung Position P8 der Auslassöffnung 38do des radial inneren Strömungskanals 38d in **Fig. 14** zeigt. Das Konzept der Umfangsgeschwindigkeit der Luft, die von einem radial inneren Strömungskanal 38d in den inneren Hohlraum 26 strömt, ist das gleiche, wie dasjenige, der Luftströmung, die über den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d strömt. Der Wärmeübertragungskoeffizient steigt, weil der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 bei dem Vorgang steigt, bei dem die Luft, welche aus dem radial inneren Strömungskanal 38d in den inneren Hohlraum 26 geströmt ist, hin zu der Innenseite in der Radialrichtung Dr strömt. Dies ist der gleiche Effekt, wie der Effekt, der durch die Luftströmung, die aus dem radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d in den Zwischenhohlraum 25 strömt, erzeugt wird.

[0147] **Fig. 24** zeigt auch ein Beispiel bei dem der auslassseitige Teil 38dop des radial inneren Strömungskanals 38d relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38d in einem Neigungswinkel β_{32} hin zu der entgegengesetzten Drehrichtungsseite geneigt ist. In **Fig. 24** sind Bezugszeichen, die sich auf dem radial inneren Strömungskanal 38d beziehen, in Klammern gesetzt. Die Teile in den Klammern der **Fig. 24** sind diejenigen

einer schematischen Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung Position P8 der Auslassöffnung 35do des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d in **Fig. 14** zeigt. Das Konzept der Umfangsgeschwindigkeit der Luft, die aus dem radial inneren Strömungskanal 38d in den inneren Hohlraum 26 strömt, ist in diesem Fall das Gleiche, wie dasjenige der Luftströmung, die durch den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d strömt. Der Druckabfall ist reduziert, weil die Umfangsgeschwindigkeit der Luft sich ändert, wenn die Luft in den Axialströmungskanal 39 strömt. Dies ist der gleiche Effekt, wie der Effekt, der durch die Luftströmung, die aus dem radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35d in den Zwischenhohlraum 25 strömt, erzeugt wird.

[0148] **Fig. 25** zeigt ein Beispiel, in dem ein auslassseitiger Teil 39op, aufweisend die Auslassöffnung 39o auf der Stromaufwärtsseite (die Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung Da) des Axialströmungskanals 39 der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Drehrichtungsseite relativ zum anderen Teil des Axialströmungskanals 39 geneigt ist. **Fig. 26** zeigt ein Beispiel, bei dem der auslassseitige Teil 39op des Axialströmungskanals 39 hin zu der Gegendrehseite entgegengesetzt zur Drehrichtungsseite geneigt ist. **Fig. 25** und **Fig. 26** sind schematische Ansichten, die Einzelheiten in der Umgebung Position P9 der Auslassöffnung 39o des Axialströmungskanals 39 in **Fig. 15** zeigen.

[0149] Wie gezeigt in **Fig. 25**, wenn der auslassseitige Teil 39op des Axialströmungskanals 39 relativ zum anderen Teil des Axialströmungskanals 39 um einen Neigungswinkel β_{41} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, strömt die Luft, die durch einen Zwischenteil des Axialströmungskanals 39 strömt, mit einer Umfangsgeschwindigkeit V4 und einer Axialgeschwindigkeit (die Geschwindigkeit innerhalb des Strömungskanals in der Axialrichtung Da) vda. Mit deren auslassseitigen Teil 39op des Axialströmungskanals 39, der deswegen geneigt ist, um den Neigungswinkel β_{41} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit der Luft am geneigten auslassseitigen Teil 39op (die Geschwindigkeit in der Strömungskanalrichtung innerhalb des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 35dop) vdaL. Eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) vr41 in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit vdaL des auslassseitigen Teils 39op wird zu der Umfangsgeschwindigkeit V4 der Luft addiert. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 39op des Axialströmungskanals 39 die Umfangsgeschwindigkeit der Luft V5 (V4 + vr41). Insbesondere strömt die Luft, unmittelbar nachdem sie vom auslassseitigen Teil 39op in den inneren Hohlraum 26 geströmt ist, durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr mit der Umfangsgeschwindigkeit V5, die um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit

vr41 höher ist vom inneren Hohlraum 26. Weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft graduell aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Auf der anderen Seite steigt die Umfangsgeschwindigkeit des inneren Hohlraums 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr an. Deswegen fällt bei dem Vorgang, bei dem die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 graduell ab. Weil der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 abnimmt, nimmt der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 ab. Wenn eine Position des radial inneren Strömungskanals 38d, an der der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen dem inneren Hohlraum 26 und der Luft klein wird, in die Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u, in dem die Luft vom inneren Hohlraum 26 strömt, ausgewählt wird, kann der Druckabfall jedoch signifikant vermindert werden, wenn die Luft vom inneren Hohlraum 26 in die Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u strömt.

[0150] Im Gegensatz dazu, wie gezeigt in **Fig. 26**, wenn der auslassseitige Teil 39op des Axialströmungskanals 39 relativ zum anderen Teil des Axialströmungskanals 39 um einen Neigungswinkel β_{42} hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, strömt die Luft, welche durch das Zwischenteil des Axialströmungskanals 39 geströmt ist, mit der Umfangsgeschwindigkeit V4 und der Axialgeschwindigkeit (die Geschwindigkeit innerhalb des Strömungskanals in der Axialrichtung Da) vda. Mit dem auslassseitigen Teil 39op des Axialströmungskanals 39, der deswegen um den Neigungswinkel β_{42} hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit der Luft am geneigten auslassseitigen Teil 39op (die Geschwindigkeit in der Strömungskanalrichtung innerhalb des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 39o) vdaM. Die Umfangsgeschwindigkeit der Luft nimmt um eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) vr42 in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit vdaM des auslassseitigen Teils 39o ab. Deswegen wird die Umfangsgeschwindigkeit der Luft am auslassseitigen Teil 39op des Axialströmungskanals 39 V5 (V4 - vr42). Insbesondere strömt die Luft unmittelbar nach dem Strömen aus dem auslassseitigen Teil 39o des Axialströmungskanals 39 in den inneren Hohlraum 26, strömt durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr mit einer Umfangsgeschwindigkeit, die niedriger als die Umfangsgeschwindigkeit V4 der Luft innerhalb des Axialströmungskanals 39 um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vr42 vom inneren Hohl-

raum 26. Weil die Luft durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Auf der anderen Seite, steigt die Umfangsgeschwindigkeit des inneren Hohlraums 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr an. Demensprechend steigt bei dem Vorgang, bei dem Luft, die durch den inneren Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 an. Deswegen, weil die Luft hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 an und der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft in den radial inneren Strömungskanal 38u strömt, steigt an, aber der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 wird angehoben und der Wärmeübergang wird gefördert.

[0151] Fig. 27 zeigt ein Beispiel, in dem ein auslassseitiger Teil 38uop aufweisend eine Auslassöffnung 38uo des radial inneren Strömungskanals 38u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u hin zu der Drehrichtungsseite relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38u geneigt ist. Fig. 28 zeigt ein Beispiel, bei dem der auslassseitige Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u hin zu der Gegendrehseite gegenüberliegend von der Drehrichtungsseite relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38u geneigt ist. Fig. 27 und Fig. 28 sind schematische Ansichten, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P10 der Auslassöffnung 38uo des radial inneren Strömungskanals 38u in Fig. 15 zeigen.

[0152] Wie gezeigt in Fig. 27, wenn der auslassseitige Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38u um einen Neigungswinkel β_{51} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, strömt die Luft, die durch ein Zwischenteil des radial inneren Strömungskanals 38u strömt, mit einer Umfangsgeschwindigkeit $V5$ und einer Radialgeschwindigkeit $vdro$. Mit dem auslassseitigen Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u, der deswegen um den Neigungswinkel β_{51} hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit der Luft am geneigten auslassseitigen Teil 38uop (die Geschwindigkeit in der Strömungskanalrichtung innerhalb des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 38uop) $vdrom$. Eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) $vr51$ in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit $vdrom$ des auslassseitigen Teils 38uop wird hinzu addiert zur Umfangsgeschwindigkeit $V5$ der Luft. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u die Umfangsgeschwindig-

keit der Luft $V6$ ($V5 + vr51$). Insbesondere, unmittelbar nach dem Strömen der Luft dem auslassseitigen Teil 38uop in den Zwischenhohlraum 25 (axialer Verbindungshohlraum) strömt die Luft hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr mit der Umfangsgeschwindigkeit $V6$, die größer ist um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit $vr51$ vom Zwischenhohlraum 25. Weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Auf der anderen Seite steigt die Umfangsgeschwindigkeit des Zwischenhohlraums 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr an. Deswegen fällt beim Vorgang, bei dem die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 graduell ab. Weil dieser Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 abnimmt, nimmt der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 ab. Wenn jedoch eine Position des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u, an der der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen dem Zwischenhohlraum 25 und der Luft klein wird, in der Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u, in dem die Luft vom Zwischenhohlraum 25 strömt, gewählt wird, kann der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft vom Zwischenhohlraum 25 in die Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u strömt, signifikant vermindert werden.

[0153] Im Gegensatz dazu, wie gezeigt in Fig. 28, wenn der auslassseitige Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u relativ zum anderen Teil des radial inneren Strömungskanals 38u um einen Neigungswinkel β_{52} hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, strömt die Luft die durch den Zwischenteil des radial inneren Strömungskanals 38u mit der Umfangsgeschwindigkeit $V5$ und der Radialgeschwindigkeit $vdro$. Mit dem auslassseitigen Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u, der deswegen um den Neigungswinkel β_{52} geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit der Luft am geneigten auslassseitigen Teil 38uop (die Geschwindigkeit in der Strömungskanalrichtung innerhalb des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 38uop) $vdrom$. Die Umfangsgeschwindigkeit der Luft nimmt um eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) $vr52$ in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit $vdrom$ des auslassseitigen Teils 38uop ab. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u die Umfangsgeschwindigkeit der Luft $V6$ ($V5 - vr52$). Insbesondere strömt die Luft unmittelbar nach dem Strömen aus dem auslassseitigen Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u die Umfangsgeschwindigkeit der Luft $V6$ ($V5 - vr52$).

mungskanals 38u in den Zwischenhohlraum 25 durch den innerer Hohlraum 26 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr mit der Umfangsgeschwindigkeit V6, die niedriger ist als die Umfangsgeschwindigkeit V5 der Luft innerhalb des radial inneren Strömungskanal 38u um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vr52 vom Zwischenhohlraum 25. Weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Auf der anderen Seite nimmt die Umfangsgeschwindigkeit des Zwischenhohlraums 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr zu. Demensprechend, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 an. Deswegen, weil die Luft durch den Zwischenhohlraum 25 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 an und der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft in den radial dazwischenliegenden Strömungskanal 35u strömt, steigt an, aber der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 wird angehoben und der Wärmeübergang wird gefördert.

[0154] Fig. 29 zeigt ein Beispiel, in dem ein auslassseitiger Teil 35uop aufweisend eine Auslassöffnung 35uo des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u hin zu der Drehrichtungsseite relativ zum anderen Teil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u geneigt ist. Fig. 29 ist eine schematische Ansicht, die Einzelheiten in der Umgebung der Position P11 der Auslassöffnung 35uo des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u in Fig. 15 zeigt.

[0155] Wie gezeigt in Fig. 29, wenn der auslassseitige Teil 35uop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u relativ zum anderen Teil des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u um einen Neigungswinkel β_{62} hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, strömt die Luft durch das Zwischen teil des radial inneren Strömungskanals 38u mit einer Umfangsgeschwindigkeit V6 und einer Radialgeschwindigkeit vdro. Mit dem auslassseitigen Teil 35uop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u der deswegen um den Neigungswinkel β_{62} hin zu der Gegendrehseite in der entgegengesetzten Richtung von der Drehrichtungsseite geneigt ist, wird die Axialgeschwindigkeit der Luft am geneigten auslassseitigen Teil 35uop (die Geschwindigkeit in der Strömungskanalrichtung innerhalb des Strömungskanals am auslassseitigen Teil 35uop) vdroM. Die Umfangsgeschwindigkeit der Luft nimmt

um eine Geschwindigkeitskomponente (relative Umfangsgeschwindigkeit) vr62 in der Umfangsrichtung Dc der Axialgeschwindigkeit vdroM des auslassseitigen Teils 35uop ab. Deswegen wird am auslassseitigen Teil 35uop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u die Umfangsgeschwindigkeit der Luft V7 (V6 - vr62). Insbesondere strömt die Luft, unmittelbar nach dem Strömen aus dem auslassseitigen Teil 35uop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u in den äußeren Hohlraum 24 durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr mit der Umfangsgeschwindigkeit V7, die niedriger als die Umfangsgeschwindigkeit V6 der Luft innerhalb des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u um den Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit vr62 vom äußeren Hohlraum 24. Weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt die Umfangsgeschwindigkeit der Luft aufgrund des Gesetzes des Erhalts des Drehimpulses ab. Auf der anderen Seite nimmt die Umfangsgeschwindigkeit des äußeren Hohlraums 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr zu. Demensprechend, weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem äußeren Hohlraum 24 zu. Deswegen, weil die Luft durch den äußeren Hohlraum 24 hin zu der Außenseite in der Radialrichtung Dr strömt, nimmt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem äußeren Hohlraum 24 zu, so dass der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen der Luft und dem äußeren Hohlraum 24 zunimmt und der Wärmeübergang gefördert wird.

[0156] Wie es oben beschrieben wurde unterscheidet sich der Effekt, der erzeugt wird durch Neigen des Auslassteiles des Radialströmungskanals entweder in der Richtung relativ zu der Drehrichtung (hin zu der Drehrichtungsseite oder hin zu der Gegendrehrichtungsseite) zwischen der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d. Insbesondere in dem Fall, wo der auslassseitige Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d oder der auslassseitige Teil 38dop des radial inneren Strömungskanals 38d der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 oder dem inneren Hohlraum 26 an. Deswegen wird in diesem Fall der Wärmeübergang zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 oder dem inneren Hohlraum 26 gefördert, so dass die thermische Antwort-Empfindlichkeit des Zwischenhohlraums 25 oder des inneren Hohlraum 26 verbessert werden kann.

[0157] In dem Fall, wo der auslassseitige Teil 35dop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35d oder des auslassseitigen Teils 38dop des radial inneren Strömungskanals 38d der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, nimmt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 oder dem inneren Hohlraum 26 ab. Deswegen kann in diesem Fall der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft vom Zwischenhohlraum 25 in die Einlassöffnung 38di des radial inneren Strömungskanals 38d oder vom inneren Hohlraum 26 in die Einlassöffnung 39i des Axialströmungskanals 39 strömt, signifikant vermindert werden.

[0158] Im Gegensatz dazu fällt in dem Fall, wo der auslassseitige Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u oder der auslassseitige Teil 39op des Axialströmungskanals 39 hin zu der Drehrichtungsseite geneigt ist, der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 oder zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 ab. Deswegen kann in diesem Fall der Druckabfall, der auftritt, wenn die Luft vom Zwischenhohlraum 25 in die Einlassöffnung 35ui des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u oder vom inneren Hohlraum 26 in die Einlassöffnung 38ui des radial inneren Strömungskanals 38u strömt, signifikant vermindert werden.

[0159] In dem Fall, wo der auslassseitige Teil 35uop des radial dazwischenliegenden Strömungskanals 35u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, der auslassseitige Teil 38uop des radial inneren Strömungskanals 38u der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, oder der auslassseitige Teil 39op des Axialströmungskanals 39 hin zu der Gegendrehseite geneigt ist, steigt der Unterschied in der Umfangsgeschwindigkeit zwischen der Luft und dem äußeren Hohlraum 24, zwischen der Luft und dem Zwischenhohlraum 25 oder zwischen der Luft und dem inneren Hohlraum 26 an. Deswegen wird in diesem Fall der Wärmeübergang zwischen der Luft und dem äußeren Hohlraum 24, dem Zwischenhohlraum 25, oder dem inneren Hohlraum 26 gefördert, so dass die thermische Antwort-Empfindlichkeit des äußeren Hohlraums 24, des Zwischenhohlraums 25 oder des inneren Hohlraums 26 verbessert werden kann.

[0160] Deswegen, kann die Kombination der Richtung und des Neigungswinkels relativ zu der Drehrichtung des einlassseitigen Teils oder des auslassseitigen Teils der Radialströmungskanäle (der radial dazwischenliegenden Strömungskanäle 35d, 35u und der radial inneren Strömungskanäle 38d, 38u) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u und der Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d und diejenigen der Axialströmungskanäle 37, 39 passend ausgewählt werden, wobei die Leistung und der Aufbau

des Verdichters mit berücksichtigt wird, so dass die höchste thermische Antwort-Empfindlichkeit erreicht werden kann.

[0161] Obwohl dieses abgewandelte Beispiel ein zweites abgewandeltes Beispiel der zweiten Ausführungsform ist, können die gleichen Abwandlungen auf die erste Ausführungsform angewendet werden. Außerdem können das erste abgewandelte Beispiel und das zweite abgewandelte Beispiel passend kombiniert werden.

[0162] Gemäß **Fig. 30** und **Fig. 31** können die einlassseitigen Teile der Radialströmungskanäle (die radial dazwischenliegenden Strömungskanäle 35d, 35u und die radial inneren Strömungskanäle 38d, 38u) oder die Axialströmungskanäle 37, 39 derart gebildet werden, dass der Strömungskanal Innendurchmesser abnimmt in einer Richtung von der Einlassöffnung hin zu der Auslassöffnung. Insbesondere zeigt **Fig. 30** diese Strömungskanäle, die einen glockenmundförmigen Einlass haben, von dem eine Fläche, die einen Einlassströmungskanal definiert, eine geneigte Fläche 40i ist, die gekrümmmt ist, gesehen in einem Querschnitt parallel zu einer Längsrichtung des Strömungskanals. **Fig. 31** zeigt diese Strömungskanäle, die einen trichterförmigen Einlass haben, von dem eine Fläche, die die Einlassform definiert, eine geneigte Fläche 40i ist, die linear geneigt ist, wenn gesehen in einem Querschnitt parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals. Wenn der Einlass solche Formen hat, tritt keine Verwirbelung in der Luftströmung auf, wenn die Luft in den Strömungskanal strömt, so dass der Druckabfall reduziert werden kann.

[0163] Obwohl dieses abgewandelte Beispiel ein drittes abgewandeltes Beispiel der zweiten Ausführungsform ist, können die gleichen Abwandlungen auf die erste Ausführungsform angewendet werden. Außerdem können das erste abgewandelte Beispiel, das zweite abgewandelte Beispiel und das dritte abgewandelte Beispiel passend kombiniert werden.

[0164] Ein anderes abgewandeltes Beispiel der ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 32** beschrieben.

[0165] In der ersten und zweiten Ausführungsformen bilden zwei zueinander benachbarte Hohlraumgruppen 22 in der Axialrichtung Da einen Satz. Jedoch können drei oder mehr in der Axialrichtung Da zueinander benachbarte Hohlraumgruppen 22 einen Satz bilden.

[0166] Zum Beispiel, in dem Fall, wo drei in der Axialrichtung Da zueinander benachbarte Hohlraumgruppen 22 einen Satz bilden, wie gezeigt in **Fig. 32**, bilden von den drei Hohlraumgruppen 22, die diesen Satz bilden, die Hohlraumgruppe 22, die am weites-

ten auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u, und die anderen beiden Hohlraumgruppen 22 können die Stromabwärts-Hohlraumgruppen 22d bilden.

[0167] In diesem Fall kommunizieren die Zwischenhohlräume (axiale Verbindungshohlräume) 25 einer ersten Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d1, angeordnet auf der Stromabwärtsseite und einer zweiten Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d2 angeordnet auf einer Stromaufwärtsseite der zwei Stromabwärts-Hohlraumgruppen 22d miteinander über die Axialströmungskanäle 37, und die Zwischenhohlräume (axiale Verbindungshohlräume) 25 der zweiten Stromabwärts-Hohlraumgruppe 22d2 und der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe 22u kommunizieren über die Axialströmungskanäle 37.

[0168] In dem Fall, in dem vier Hohlraumgruppen 22 benachbart zueinander in der Axialrichtung Da einen Satz bilden, können von den vier Hohlraumgruppen 22, die diesen Satz bilden, die Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromaufwärtsseite ist, die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe bilden und die anderen drei Hohlraumgruppen 22 können die die Stromabwärts-Hohlraumgruppen bilden. Alternativ können von den vier Hohlraumgruppen 22, die diesen Satz bilden, zwei Hohlraumgruppen 22, angeordnet auf der Stromaufwärtsseite die Stromaufwärts-Hohlraumgruppen bilden und die anderen beiden Hohlraumgruppen 22 können die Stromabwärts-Hohlraumgruppen bilden.

[0169] In dem Fall, wo drei oder mehr Hohlraumgruppen 22 benachbart zueinander in der Axialrichtung Da einen Satz bilden, wie oben beschreiben, zum Beispiel, wenn die Luft nicht hin zu der Stromaufwärtsseite durch den Axialströmungskanal 37 strömt, der eine Verbindung zwischen den axialen Verbindungshohlräumen der Hohlraumgruppe 22 angeordnet am weitesten auf der Stromabwärtsseite und der Hohlraumgruppe 22 zur Verfügung stellt, benachbart hierzu in der Axialrichtung Da, kehrt die Luft vom Luftverdichtungsströmungskanal 19 nicht zum Luftverdichtungsströmungskanal 19 zurück. Es ist deswegen notwendig, den Widerstand des Strömungskanals in den Strömungskanälen, aufweisend den Axialströmungskanal 37, derart passend zu bestimmen, dass die Luft durch den Axialströmungskanal 37 hin zu der Stromaufwärtsseite strömt.

[0170] Obwohl dieses abgewandelte Beispiel ein abgewandeltes Beispiel der ersten Ausführungsform ist, können die Abwandlungen auch auf die der zweiten Ausführungsform und die abgewandelten Beispiele dieser angewandt werden.

[0171] In all den oben erwähnten Ausführungsformen und abgewandelten Beispielen ist die vorliegende Erfindung auf die Hohlraumgruppen 22 von

der ersten Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21 angeordnet ist, bis zur sechsten Hohlraumgruppe 22 angeordnet auf der Stromaufwärtsseite angewandt. Die vorliegende Erfindung kann anstelle dessen jedoch auf die Hohlraumgruppen 22 der ersten Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21 angeordnet sind, auf z. B. eine achte Hohlraumgruppe 22 auf der Stromaufwärtsseite angewandt werden oder die vorliegende Erfindung kann auf all diejenigen Hohlraumgruppen 22, die auf der Stromaufwärtsseite der ersten Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, angewendet werden. Alternativ kann die vorliegende Erfindung beispielsweise auf die Hohlraumgruppen 22 der ersten Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21 angeordnet ist, bis zur vierten Hohlraumgruppe 22 auf der Stromaufwärtsseite angewandt werden oder die vorliegende Erfindung kann angewandt werden, auf die Hohlraumgruppen 22 von der ersten Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21 angeordnet ist, bis zur zweiten Hohlraumgruppe 22 auf der Stromaufwärtsseite.

[0172] Kurz gesagt, kann die vorliegende Erfindung auf eine Vielzahl von Hohlraumgruppen 22, die benachbart zueinander in der Axialrichtung Da angeordnet sind und die erste Hohlraumgruppe 22, die am weitesten auf der Stromabwärtsseite innerhalb der Rotorwelle 21 angeordnet ist, angewendet werden. Deswegen umfassen die Hohlraumgruppen 22, auf die die vorliegende Erfindung angewandt wird, die erste Hohlraumgruppe 22, die am weitesten innerhalb der Rotorwelle 21 auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist. Dies deswegen, weil in dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 der Druck an der Position in der Axialrichtung Da, bei der die erste Hohlraumgruppe 22 vorhanden ist, höher ist als der Druck an andren Stellen und Temperaturänderungen dieser Position innerhalb der Rotorwelle 21 größer sind als an anderen Positionen.

[0173] Obwohl die oben erwähnten Ausführungsformen und abgewandelten Beispiele Verdichter der Gasturbine sind, ist die vorliegende Ausführungsform nicht hierauf beschränkt. Deswegen ist das Gas, welches in der vorliegenden Erfindung in den Verdichter strömt, nicht auf Luft begrenzt.

[0174] In all den obigen Ausführungsformen und abgewandelten Beispielen wird ein Teil der Luft in dem Verdichtungsvorgang, der über den Luftverdichtungsströmungskanal 19 des Verdichters 1 strömt, in die Rotorwelle 21 eingeleitet und die Innenseite der Hohlräume der Rotorwelle 21 wird mit dieser Luft belüftet. Anstelle dessen, kann auch ein anderes Verfahren in Erwägung gezogen werden, bei dem

| | | |
|--|--|--|
| Auslassluft, die von dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 des Verdichters 1 ausströmt und innerhalb des Gasturbinengehäuses 9 vorliegt, in die Rotorwelle 21 eingeleitet werden und die Innenseite der Hohlräume der Rotorwelle 21 wird mit dieser Luft belüftet. Bei diesem Verfahren jedoch, bei dem der Druck der Luft bis zu einem Zieldruck angestiegen ist, die aus dem Luftverdichtungsströmungskanal 19 herausgeströmt ist, wird, um die Innenseite der Hohlräume der Rotorwelle 21 zu belüften, eine größere Menge an Energie verbraucht, um den Druck der Luft, die für die Belüftung verwendet wird, anzuheben, als in den oberen Ausführungsformen und abgewandelten Beispielen. Darüber hinaus, weil die Temperatur der Luft, die für die Belüftung benutzt wird, höher ist, als die Temperatur des Teils der Rotorwelle 21, an dem die Leitschaufelreihen 11 vorgesehen sind, ist der Belüftungseffekt kleiner als in den oben erwähnten Ausführungsformen und abgewandelten Beispielen. Deswegen ist es nochmals bevorzugt, dass der Teil der Luft, der in dem Verdichtungsvorgang durch den Luftverdichtungsströmungskanal 19 des Verdichters 1 strömt, in die Rotorwelle 21 eingeleitet wird, und dass die Innenseite der Hohlräume der Rotorwelle 21 mit dieser Luft belüftet werden, wie in den oben erwähnten Ausführungsformen und abgewandelten Beispielen. | 24 25 26 34 34d 34u 35, 35d, 35u 35di, 35ui, 37i, 39i 37, 37a 35do, 37o, 38do, 38uo, 39o 35dop, 38dop, 38uop, 39op 38 39 41 48 | Äußerer Hohlraum Zwischenhohlraum (axialer Verbindungshohlraum) Innerer Hohlraum (axialer Verbindungshohlraum) Radial äußerer Strömungskanal Einlassströmungskanal Auslassströmungskanal Radial dazwischenliegender Strömungskanal Einlassöffnung Axialströmungskanal Auslassöffnung Auslassseitige Teil radial innere Strömungskanal Axialströmungskanal Rotorscheibe Schraubendurchgangsloch |
|--|--|--|

[0175] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die thermische Antwort-Empfindlichkeit der Rotorwelle auf Temperaturänderungen des Gases, welches durch den Gasverdichtungsströmungskanal fließt, weiter verbessert werden.

Bezugszeichenliste

| | | |
|-----|--|--------------|
| 1 | Verdichter | 48s |
| 2 | Brenner | 51 |
| 3 | Turbine | 55, 55d, 55u |
| 10 | Verdichtergehäuse | 56, 56d, 56u |
| 11 | Leitschaufelreihe | 81 |
| 12 | Leitschaufel | 82 |
| 19 | Luftverdichtungsströmungskanal (Gasverdichtungsströmungskanal) | |
| 20 | Verdichterrotor | |
| 21 | Rotorwelle | |
| 22 | Hohlräumgruppe | |
| 22d | Stromabwärts-Hohlräumgruppe | |
| 22u | Stromaufwärts-Hohlräumgruppe | |
| 23 | Hohlräum | |

Patentansprüche

1. Ein Verdichterrotor (20), der im Betrieb um eine Achse (Ar) innerhalb eines Verdichtergehäuses (20) rotiert, wobei der Verdichterrotor (20) umfasst: eine Rotorwelle (21), die sich um die Achse (Ar) in einer Axialrichtung (Da) erstreckt, und eine Vielzahl von Laufschaufelreihen (81), die an einem Außenumfang der Rotorwelle (21) befestigt sind und in der Axialrichtung (Da) angeordnet sind, wobei Hohlräumgruppen (22), gebildet durch eine Vielzahl von Hohlräumen (23), die jeweils eine Ringform um die Achse (Ar) haben und in einer Radialrichtung (Dr) der Achse (Ar) getrennt voneinander sind,

innerhalb der Rotorwelle (21) an jeder Position zwischen Benachbarten der Vielzahl von Laufschaufelreihen (81) in der Axialrichtung (Da) gebildet sind, eine Seite, auf der ein Druck von Gas, welches durch einen Gasverdichtungsströmungskanal (19) strömt, niedrig ist, eine Stromaufwärtsseite in der Axialrichtung (Da) bildet, und eine Seite, welche die gegenüberliegende Seite von der Stromaufwärtsseite ist und auf der der Gasdruck hoch ist, eine Stromabwärtsseite in der Axialrichtung (Da) bildet, der Gasverdichtungsströmungskanal (19) auf einer äußeren Umfangsseite der Rotorwelle (21) angeordnet ist und sich dort befindet, wo die Vielzahl von Laufschaufelreihen (81) in der Axialrichtung (Da) vorhanden sind,

von der Vielzahl von Hohlräumen (23), die die Hohlraumgruppe (22) bilden, ein Hohlraum (23), der am weitesten auf einer radial äußeren Seite angeordnet ist, einen äußeren Hohlraum (24) bildet, und ein anderer Hohlraum (23), der auf einer radial inneren Seite des äußeren Hohlraums (24) angeordnet ist, einen axialen Verbindungshohlraum (25) bildet, von wenigstens zwei Hohlraumgruppen (22), eine Hohlraumgruppe (22) oder mehrere Hohlraumgruppen (22), die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist/sind, (eine) Stromaufwärts-Hohlraumgruppe(n) (22u) bildet/bilden, und die andere/anderen Hohlraumgruppe(n), die auf der Stromabwärtsseite relativ zu den Stromaufwärts-Hohlraumgruppen angeordnet ist/sind, (eine) Stromabwärts-Hohlraumgruppe(n) (22d) bildet/bilden, die Rotorwelle (21) weiterhin aufweist:

einen Einlassströmungskanal (34d), durch den das Gas innerhalb des Gasverdichtungsströmungskanals (19) in den äußeren Hohlraum (24) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) strömt, einen Radialströmungskanal (35,35d), der sich in einer Richtung aufweisend die Radialrichtung (Dr) erstreckt und eine Verbindung zwischen zwei Hohlräumen (23), die in der Radialrichtung (Dr) benachbart zueinander sind, von der Vielzahl von Hohlräumen (23) von dem äußeren Hohlraum (24) zu dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) zur Verfügung stellt, so dass das Gas, welches in den äußeren Hohlraum (24) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) gestromt ist, den axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) erreicht,

einen Axialströmungskanal (37,37a), der sich in einer Richtung aufweisend die Axialrichtung (Da) erstreckt und eine Verbindung zwischen dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) und dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22d) zur Verfügung stellt, einen Radialströmungskanal (35,35u), der sich in einer Richtung aufweisend die Radialrichtung (Dr) erstreckt und eine Verbindung zwischen zwei zueinander benachbarten Hohlräumen (23) in der

Radialrichtung (Dr) aus der Vielzahl von Hohlräumen (23) von dem axialen Verbindungshohlraum (25) zu dem äußeren Hohlraum (24) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) zur Verfügung stellt, so dass das Gas innerhalb des axialen Verbindungshohlraums (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) den äußeren Hohlraum (24) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) erreicht, und einen Auslassströmungskanal (34u), durch den das Gas innerhalb des äußeren Hohlraums (24) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) in den Gasverdichtungsströmungskanal (19) ausströmt, eine radial äußere Kante einer Einlassöffnung, welche eine Öffnung des Axialströmungskanals (37,37a) zu dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) ist, auf der radial inneren Seite einer radial außenseitigen Innenumfangsfläche von inneren Umfangsflächen, die den ringförmigen axialen Verbindungshohlraum (25) definieren, angeordnet ist, und eine radial äußere Kante einer Auslassöffnung, welche eine Öffnung des Axialströmungskanals (37,37a) zu dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) ist, auf der radial inneren Seite einer radial äußeren Seite einer inneren Umfangsfläche von inneren Umfangsflächen, die den ringförmigen axialen Verbindungshohlraum (25) definieren, angeordnet ist, wobei die Rotorwelle (21) eine Vielzahl von Rotorscheiben (41), die in der Axialrichtung (Da) gestapelt sind, und einen Drehmomentstift (55,55d,55u), der sich in der Radialrichtung (Dr) erstreckt und mit jeweils zwei zueinander benachbarten Rotorscheiben (41) in der Axialrichtung (Da) zusammenwirkt, um die benachbarten Rotorscheiben (41) von einer relativen Rotation zueinander abzuhalten, aufweist, der Drehmomentstift (55,55d,55u) an Positionen zwischen zueinander benachbarten Hohlräumen (23) in der Radialrichtung (Dr) aus der Vielzahl von Hohlräumen (23), die die Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) bilden, und an Positionen zwischen zueinander benachbarten Hohlräumen (23) in der Radialrichtung (Dr) aus der Vielzahl von Hohlräumen (23), die die Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) bilden, angeordnet ist, und der Drehmomentstift (55,55d,55u) ein Durchgangsloch (56,56d,56u) hat, das sich durch den Drehmomentstift (55,55d,55u) in der Radialrichtung (Dr) erstreckt, und das Durchgangsloch (56,56d,56u) den Radialströmungskanal (35,35d,35u) bildet.

2. Der Verdichterrotor (20) gemäß Anspruch 1, wobei

die radial äußere Kante der Einlassöffnung des Axialströmungskanals (37,37a) auf der radial inneren Seite einer Mittelposition in der Radialrichtung (Dr) des axialen Verbindungshohlraums (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) angeordnet ist, und

die radial äußere Kante der Auslassöffnung des

Axialströmungskanals (37,37a) auf der radial inneren Seite einer Mittelposition in der Radialrichtung (Dr) des axialen Verbindungshohlraums (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) angeordnet ist.

3. Der Verdichterotor (20) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Rotorwelle (21) eine Vielzahl der Axialströmungskanäle (37,37a) hat, die in einer Umfangsrichtung der Achse (Ar) getrennt voneinander sind.

4. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend wenigstens eines der nachfolgenden einlassseitigen Teile:
einen einlassseitigen Teil des Radialströmungskanals (35,35u) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u), welcher eine Einlassöffnung aufweist, die eine radial innenseitige Öffnung ist und hin zu einer Drehrichtungsseite der Rotorwelle (21) geneigt ist, und
einen einlassseitigen Teil des Axialströmungskanals (37,37a), welcher eine Einlassöffnung aufweist, die geneigt ist hin zur gegenüberliegenden Seite der Drehrichtungsseite der Rotorwelle (21).

5. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) drei oder mehr Hohlräume (23) hat, und in dem Radialströmungskanal (35,35d), der die Verbindung zwischen zwei oder mehreren Hohlräumen (23) der drei oder mehr Hohlräume (23) außer dem äußeren Hohlraum (24) zur Verfügung stellt, ein einlassseitiger Teil des Radialströmungskanals (35,35d) aufweisend eine Einlassöffnung, die eine radial außenseitige Öffnung ist, zu der der Drehrichtungsseite der Rotorwelle (21) entgegengesetzten Seite hin geneigt ist.

6. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei wenigstens einer der nachfolgenden auslassseitigen Teile hin zu der Drehrichtungsseite der Rotorwelle (21) oder hin zu der der Drehrichtungsseite der Rotorwelle (21) entgegengesetzten Seite geneigt ist:
ein auslassseitiger Teil des Radialströmungskanals (35,35d) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) aufweisend eine Auslassöffnung, die eine radial innenseitige Öffnung des Radialströmungskanals (35,35d) ist,
ein auslassseitiger Teil des Radialströmungskanals (35,35u) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) aufweisend eine Auslassöffnung, die eine radial außenseitige Öffnung des Radialströmungskanals (35,35d) ist, und
ein auslassseitiger Teil des Axialströmungskanals (37,37a) aufweisend die Auslassöffnung des Axialströmungskanals (37,37a).

7. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei ein Strömungskanalinnen-durchmesser eines einlassseitigen Teils eines Strömungskanals aufweisend die Einlassöffnung graduell in einer Richtung von der Einlassöffnung hin zu einer Auslassöffnung, die auf der gegenüberliegenden Seite des Strömungskanals von der Einlassöffnung angeordnet ist, abnimmt.

8. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Rotorwelle (21) eine Schraube (51), die sich in der Axialrichtung (Da) über die Vielzahl von Rotorschichten (41), den axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) und den axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) erstreckt, aufweist,
es eine Lücke/einen Spalt oder Zwischenraum (48s) gibt, der sich in der Axialrichtung (Da) erstreckt und zwischen der Schraube (51) und einem Schraubendurchgangsloch (48) freigelassen ist, welches in der Rotorschicht (41) zwischen dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) und dem axialen Verbindungshohlraum (25) der Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) gebildet ist, und durch die/den sich die Schraube (51) erstreckt, und die Lücke/der Spalt oder Zwischenraum (48s) in dem Schraubendurchgangsloch (48) den Axialströmungskanal (37,37a) bildet.

9. Der Verdichterotor (20) gemäß Anspruch 8, wobei die Lücke/der Spalt oder Zwischenraum (48s) in dem Schraubendurchgangsloch (48), welches den Axialströmungskanal (37,37a) bildet, auf der radial inneren Seite der Schraube (51) angeordnet ist.

10. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein Hohlraum (23), der am weitesten auf der radial inneren Seite der Vielzahl von Hohlräumen (23) angeordnet ist, die die Hohlraumgruppe (22) bilden, den axialen Verbindungshohlraum (25) bildet.

11. Der Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei von zwei zueinander benachbarten Hohlraumgruppen (22) in der Axialrichtung (Da) die Hohlraumgruppe (22), die auf der Stromaufwärtsseite angeordnet ist, eine Stromaufwärts-Hohlraumgruppe (22u) bildet, und die Hohlraumgruppe (22), die auf der Stromabwärtsseite angeordnet ist, eine Stromabwärts-Hohlraumgruppe (22d) bildet.

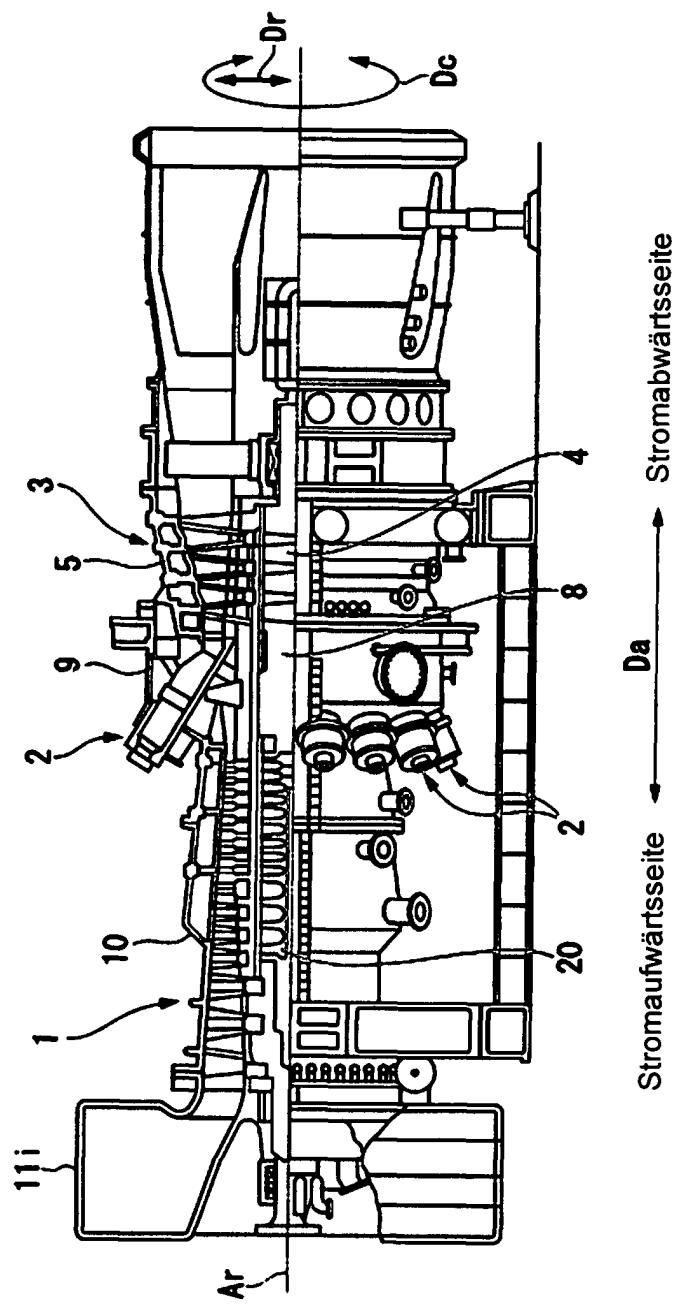
12. Ein Verdichter (1) umfassend:
den Verdichterotor (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, und
ein Verdichtergehäuse (10).

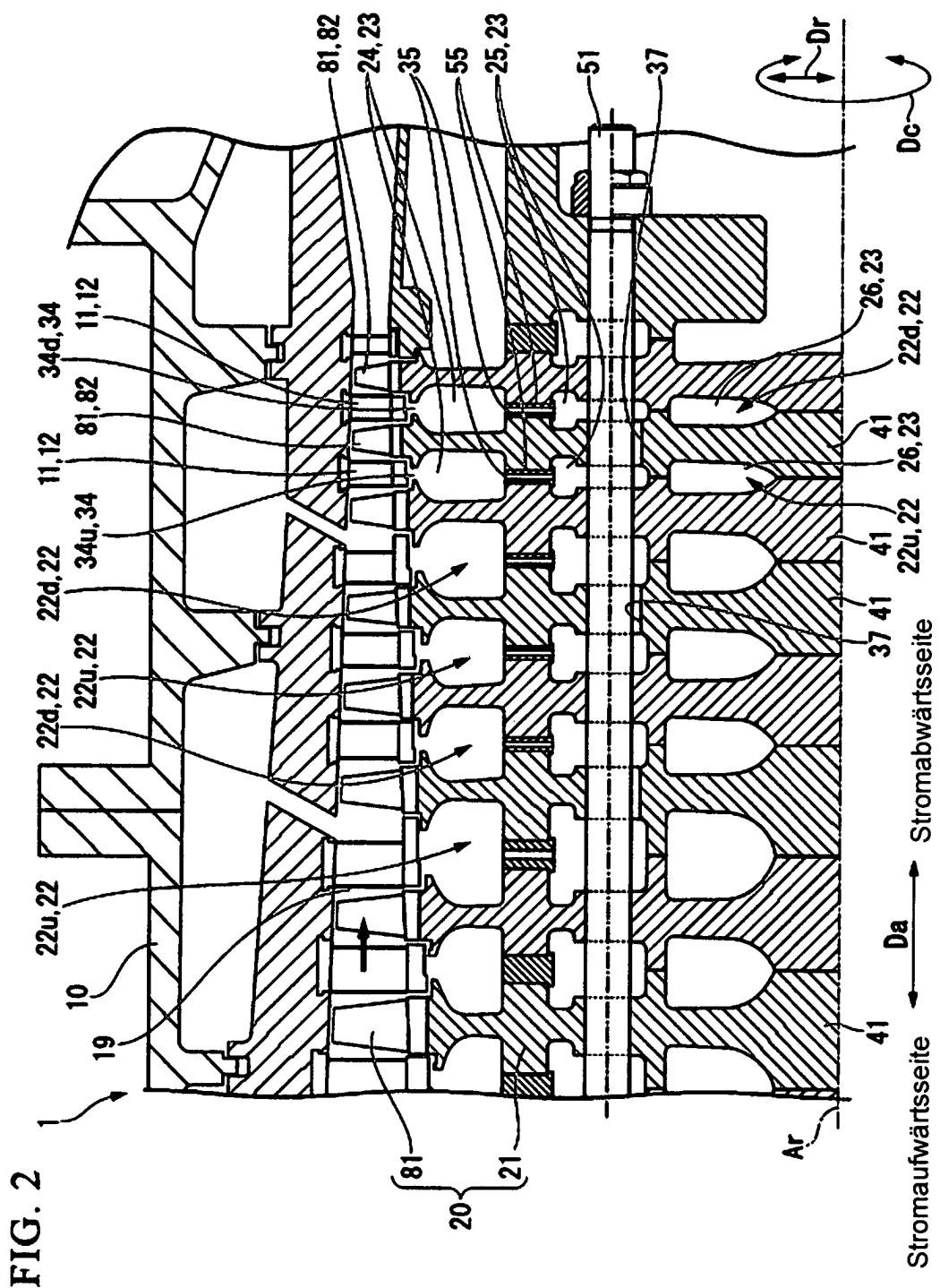
13. Eine Gasturbine umfassend:
den Verdichter (1) gemäß Anspruch 12,
einen Brenner (2), der Verbrennungsgas durch Ver-
brennen von Brennstoff in durch den Verdichter (1)
verdichteter Luft verbrennt, und
eine Turbine (3), die durch das Verbrennungsgas
angetrieben wird.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1





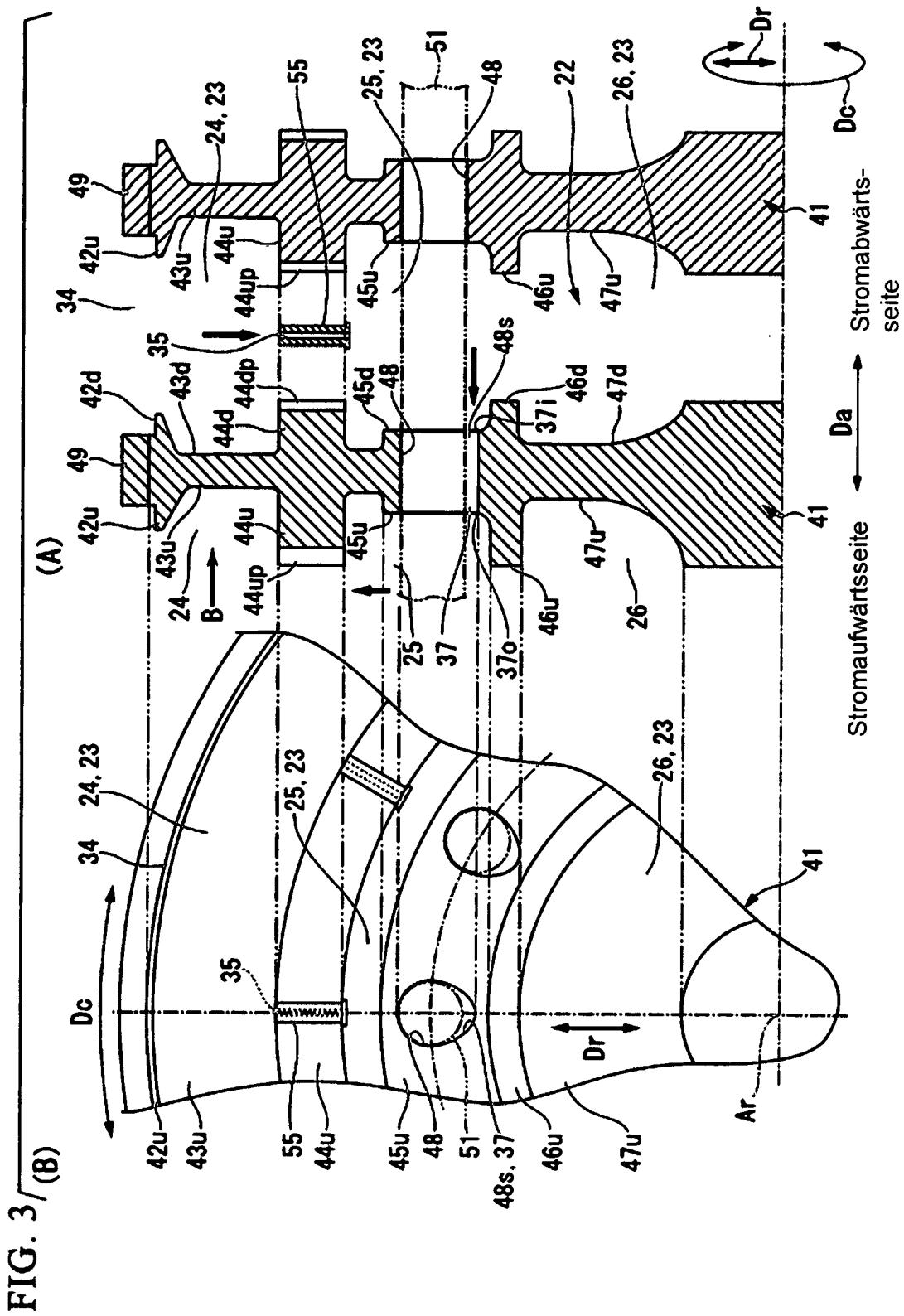


FIG. 4

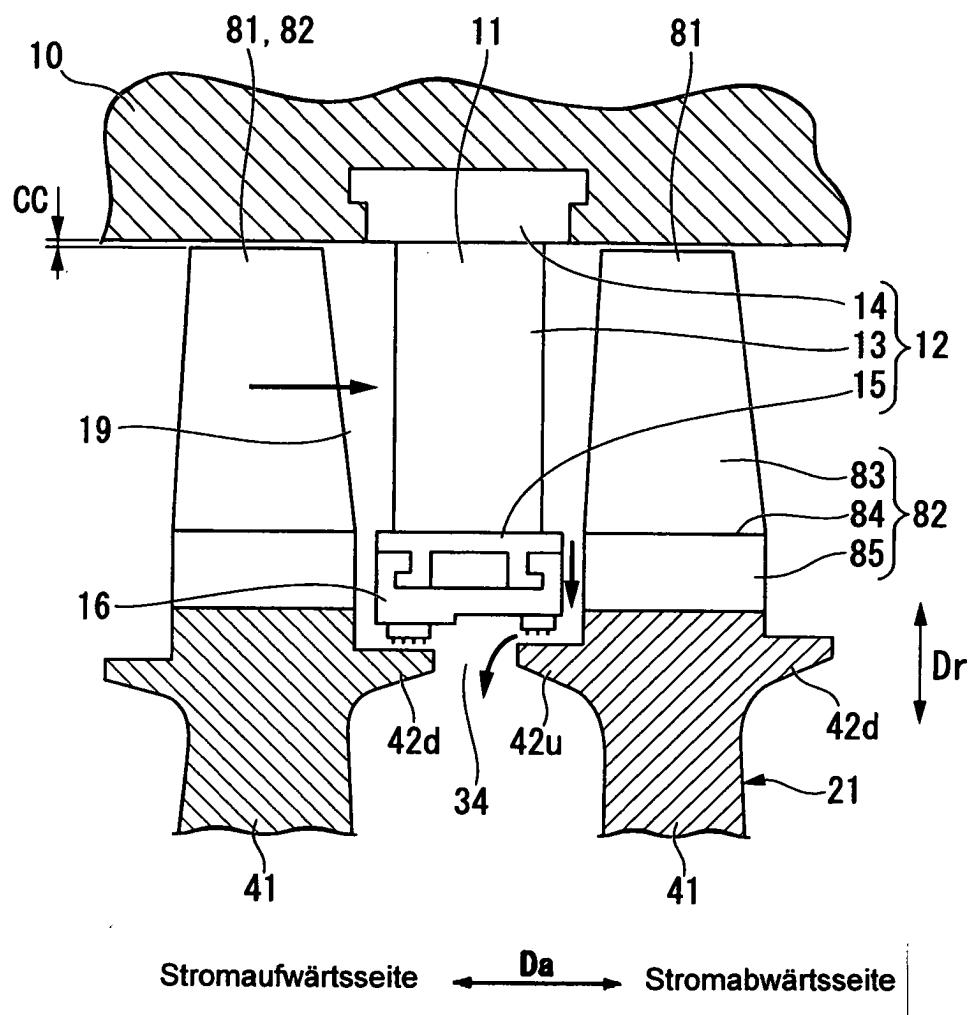
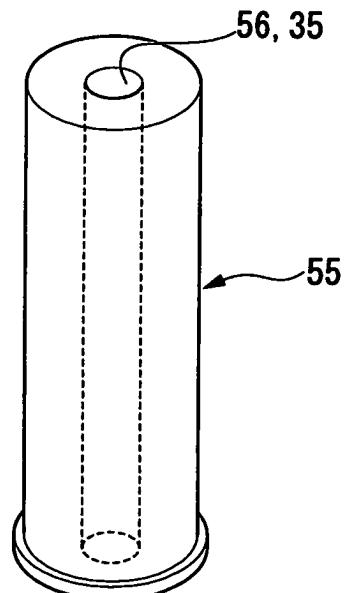


FIG. 5



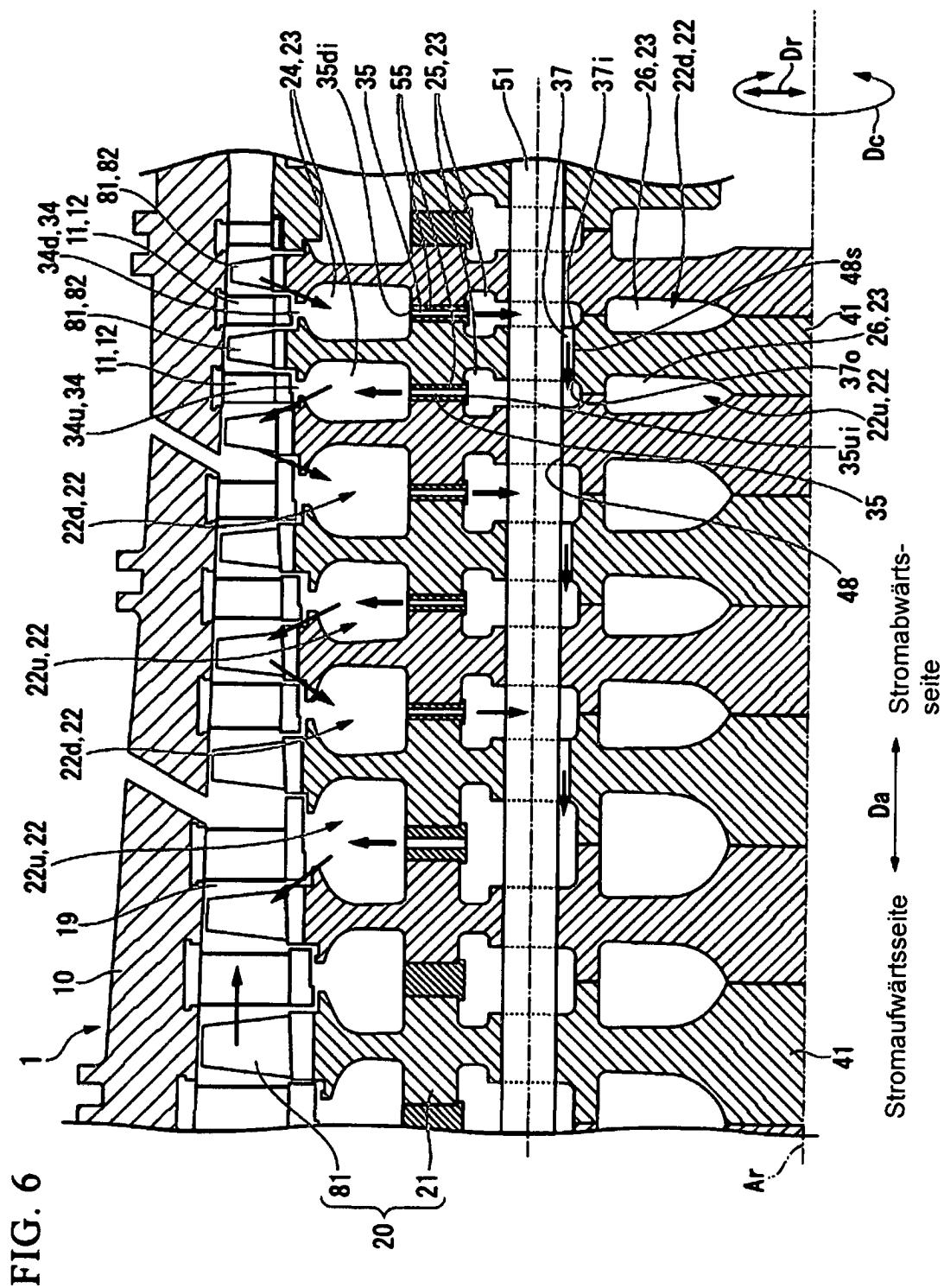


FIG. 7

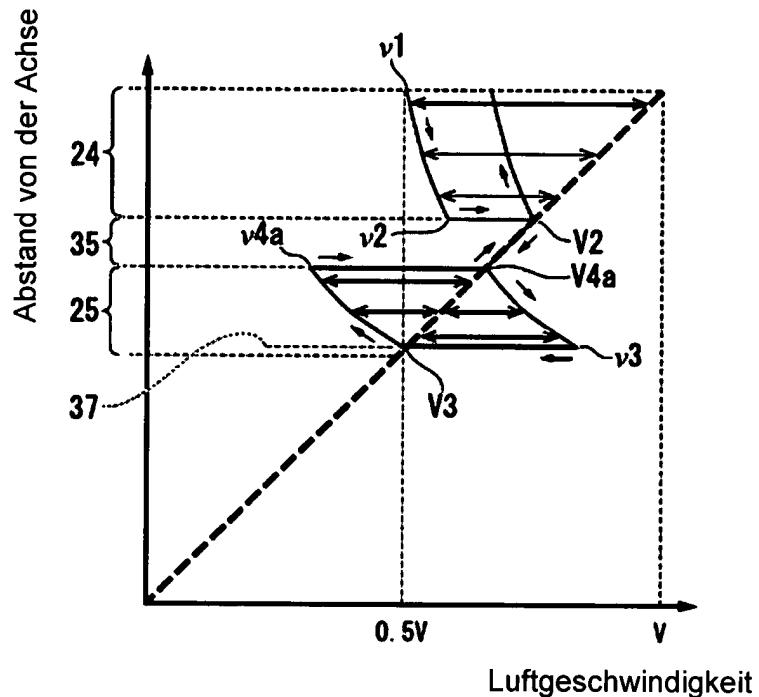


FIG. 8

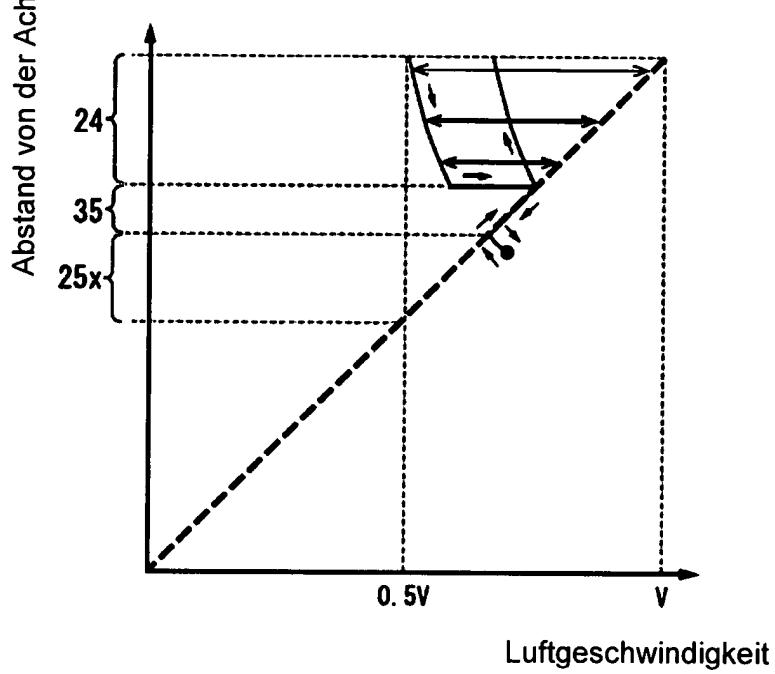
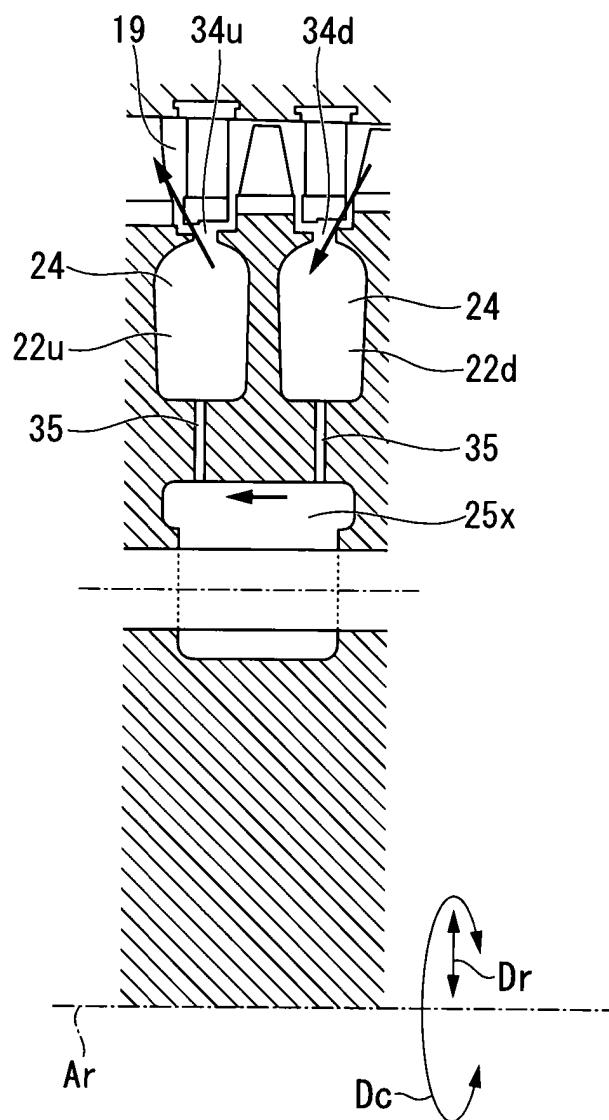
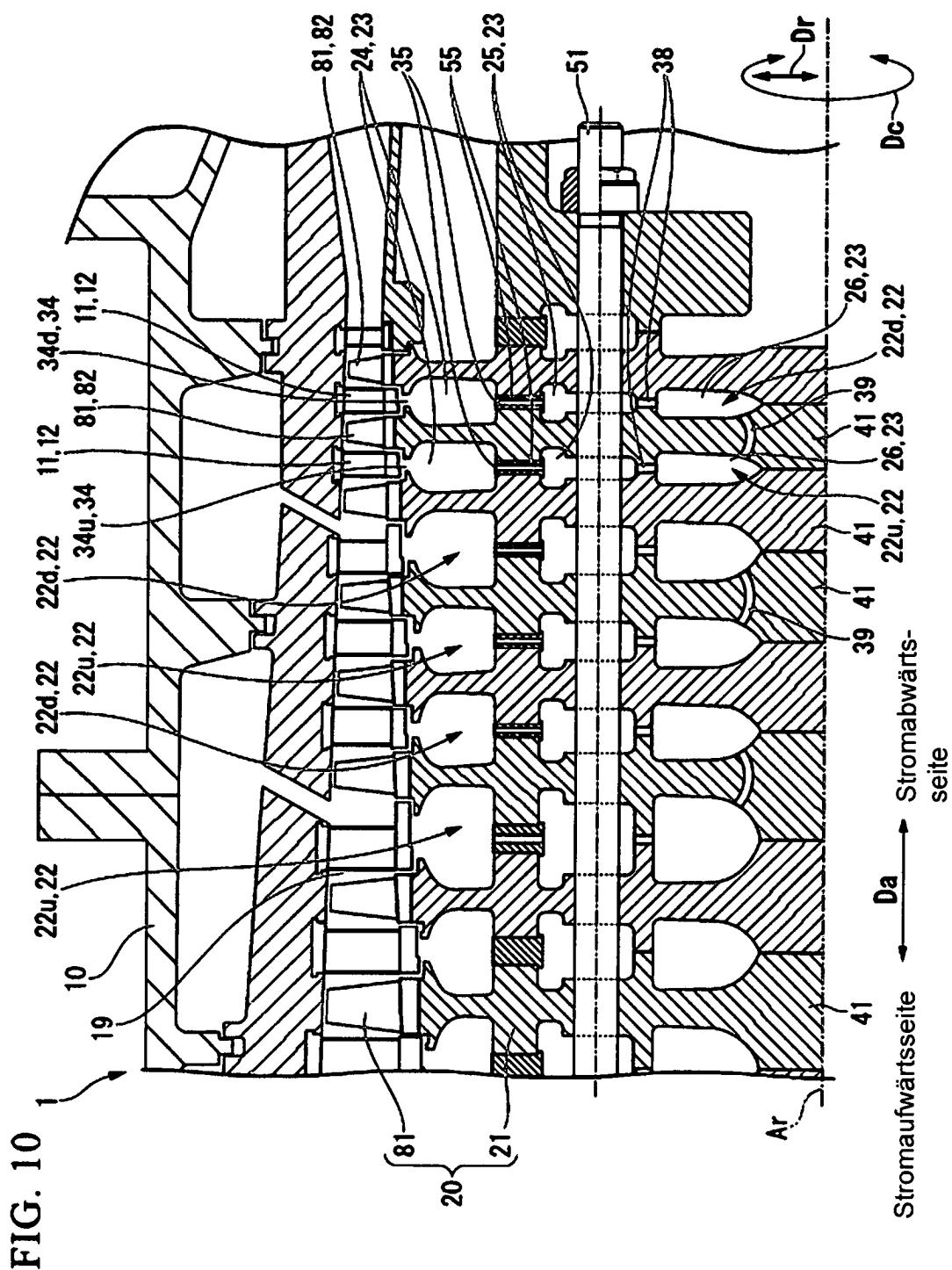
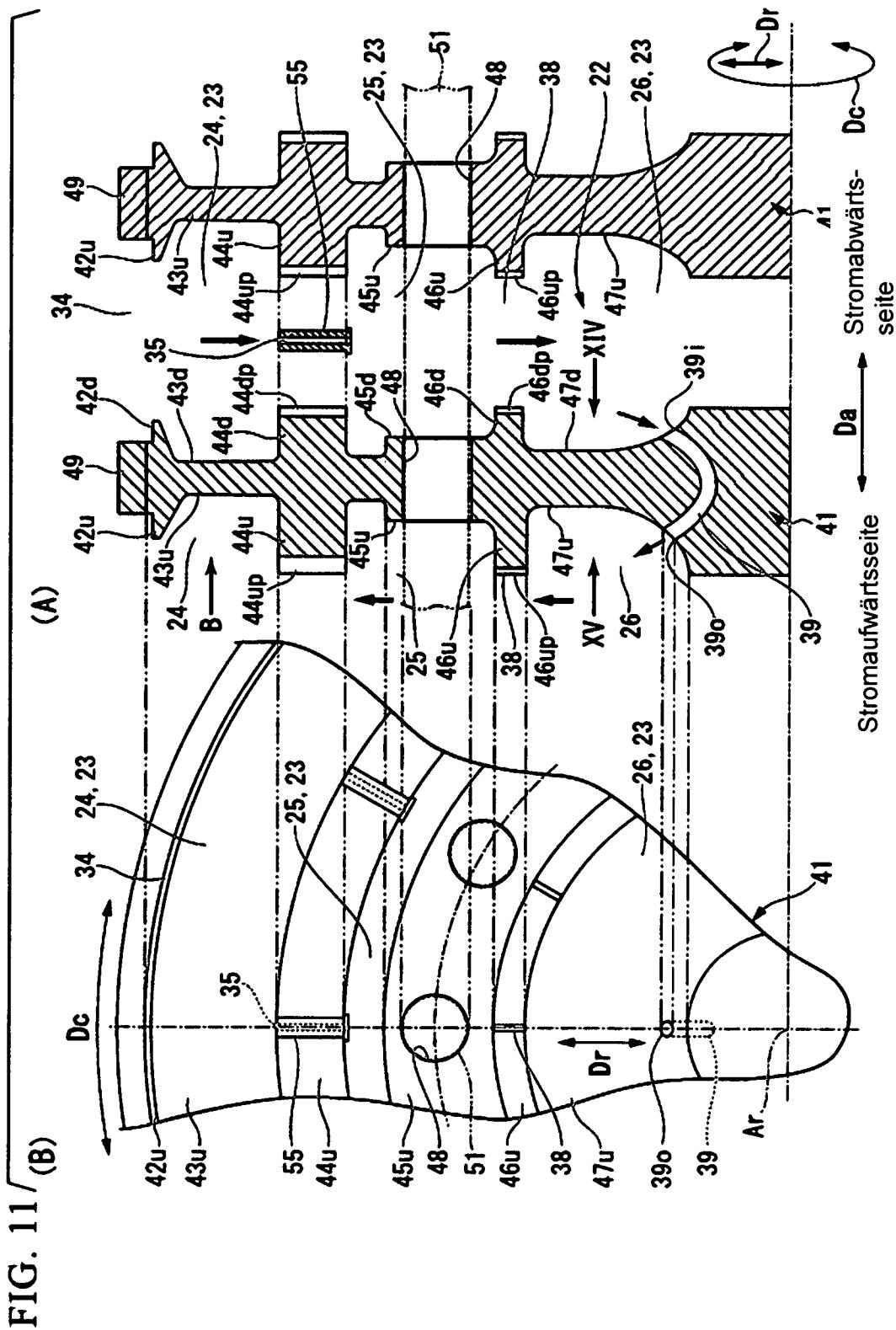


FIG. 9







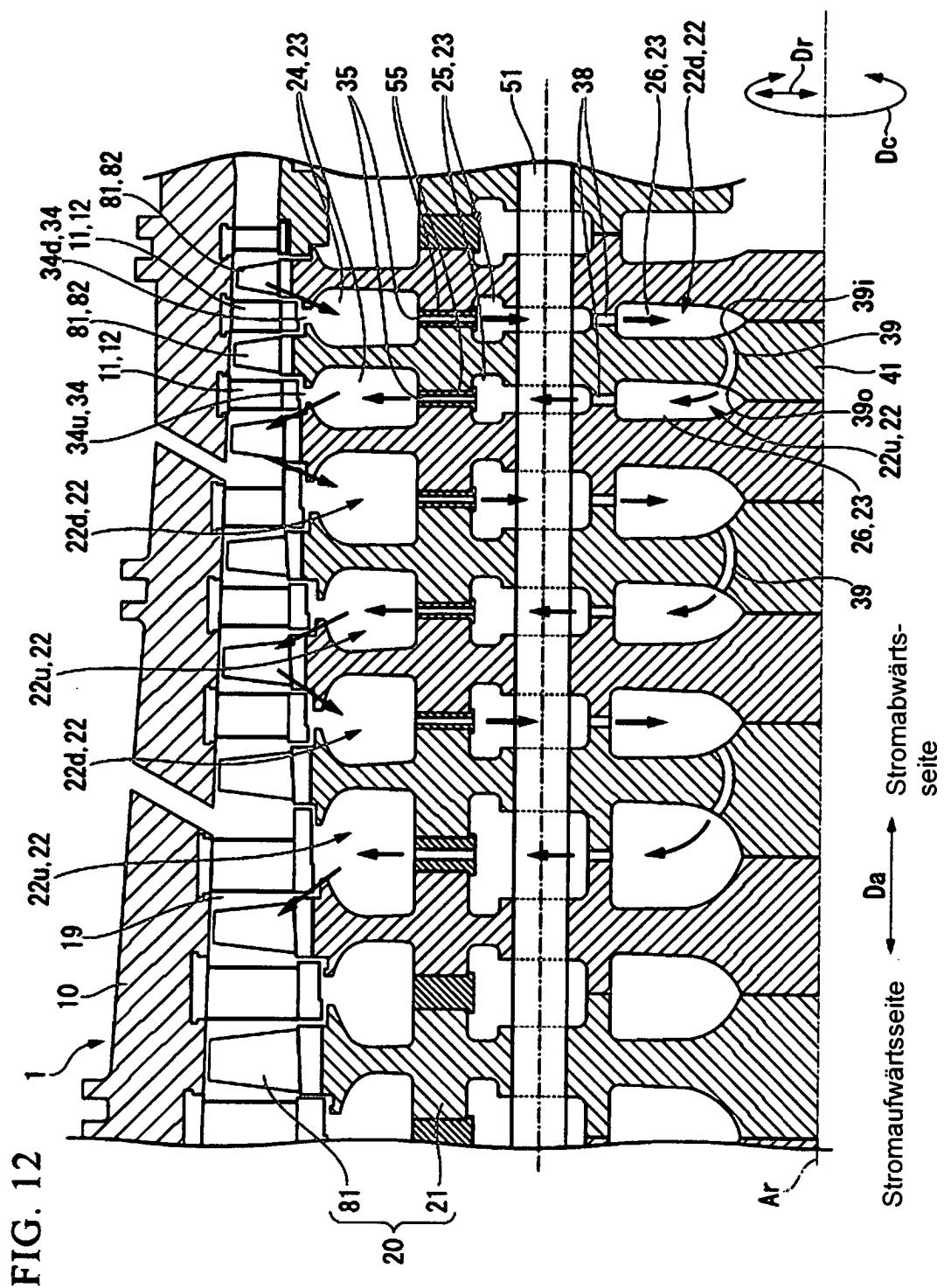


FIG. 13

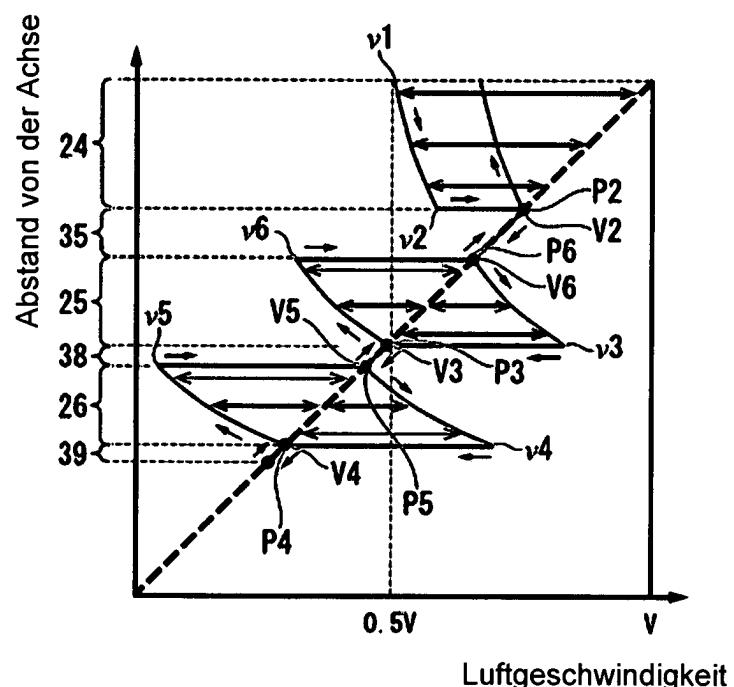


FIG. 14

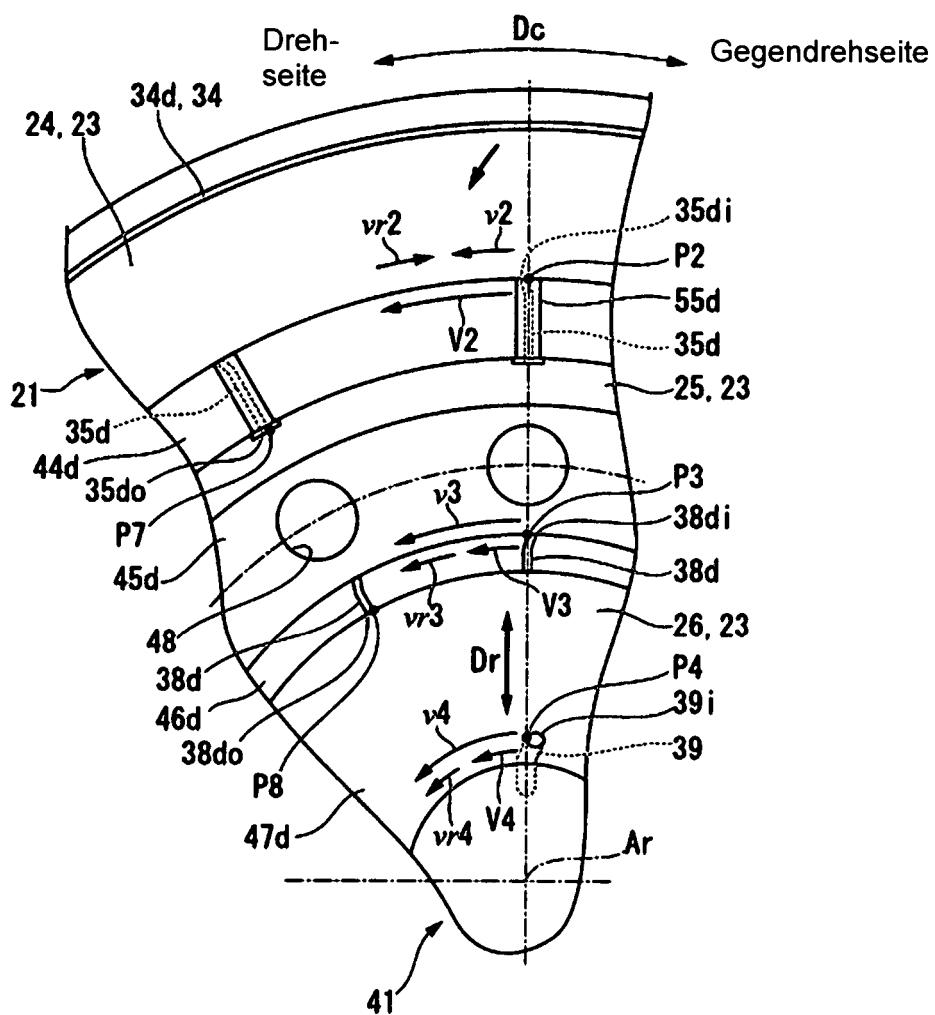


FIG. 15

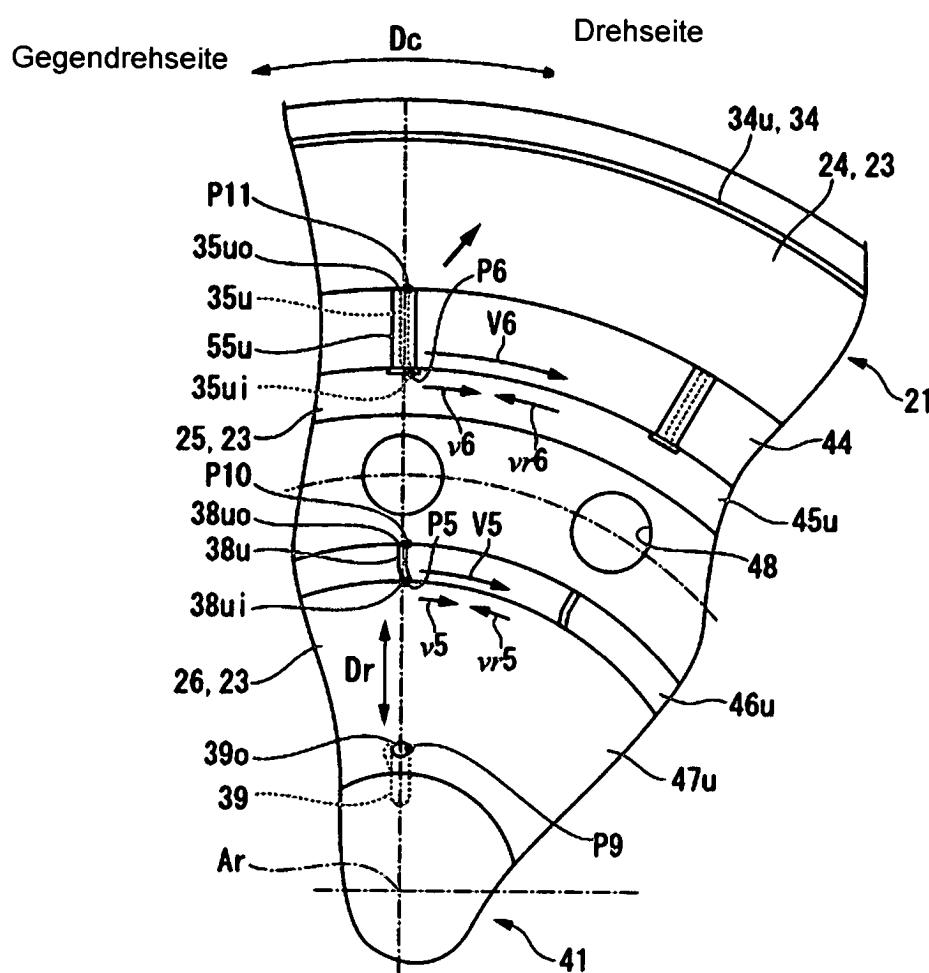


FIG. 16

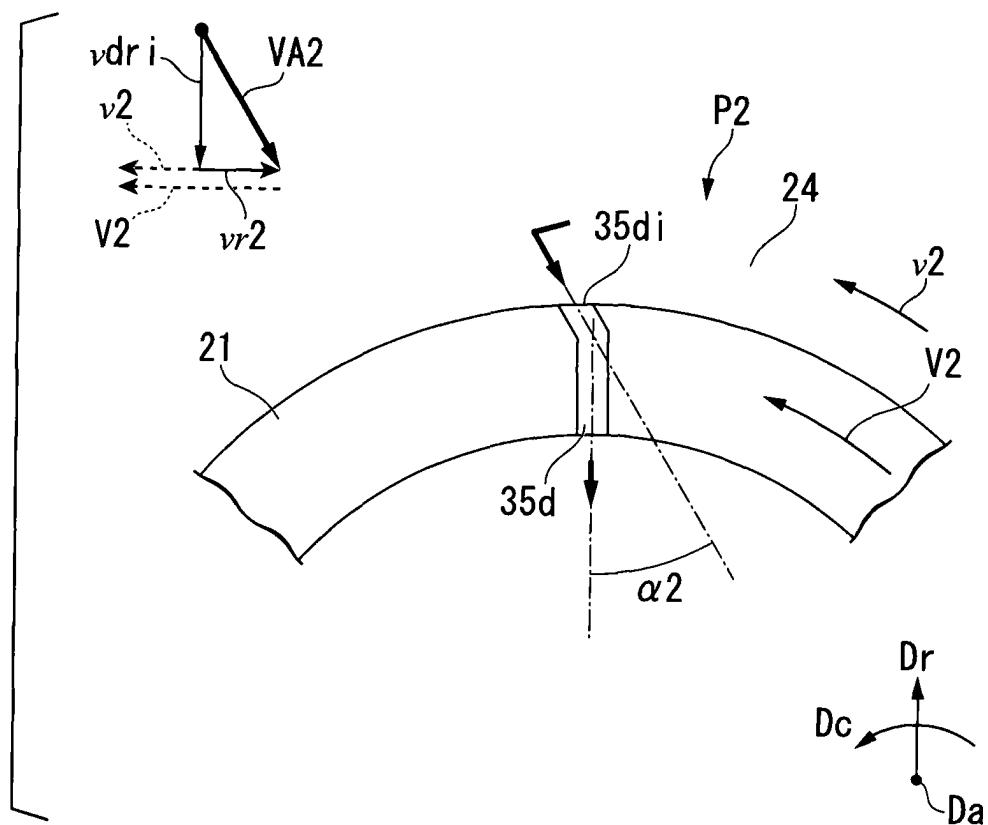


FIG. 17

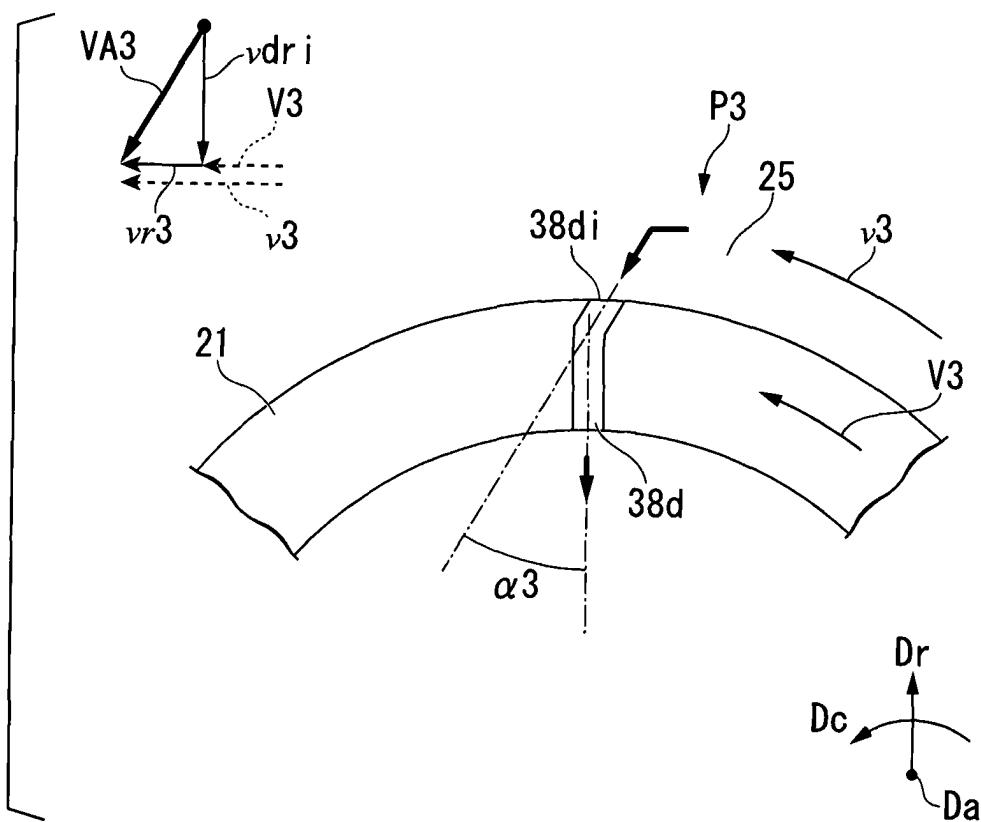


FIG. 18

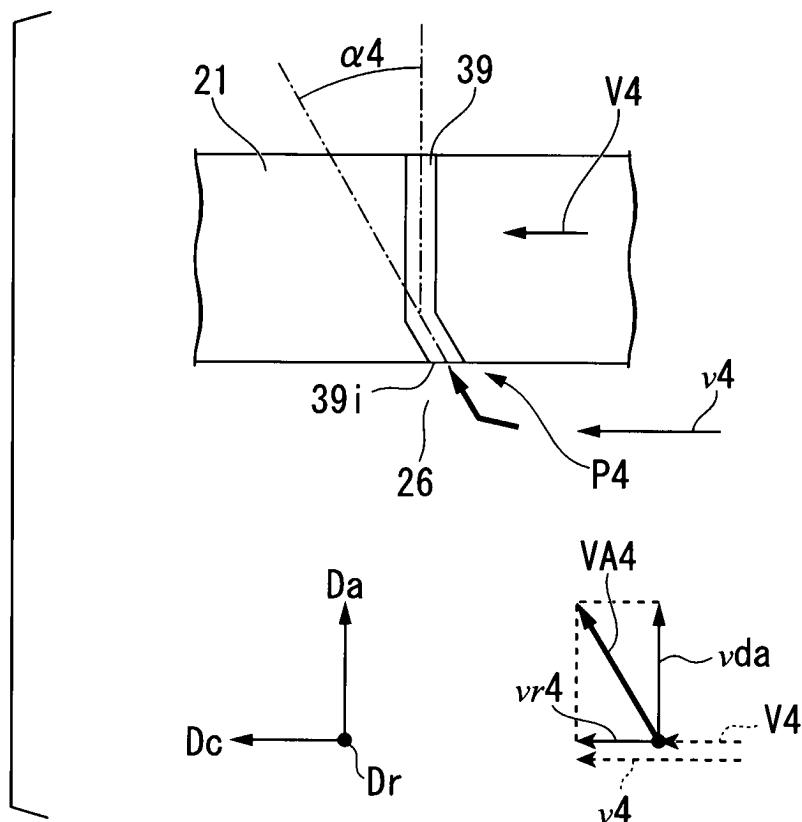


FIG. 19

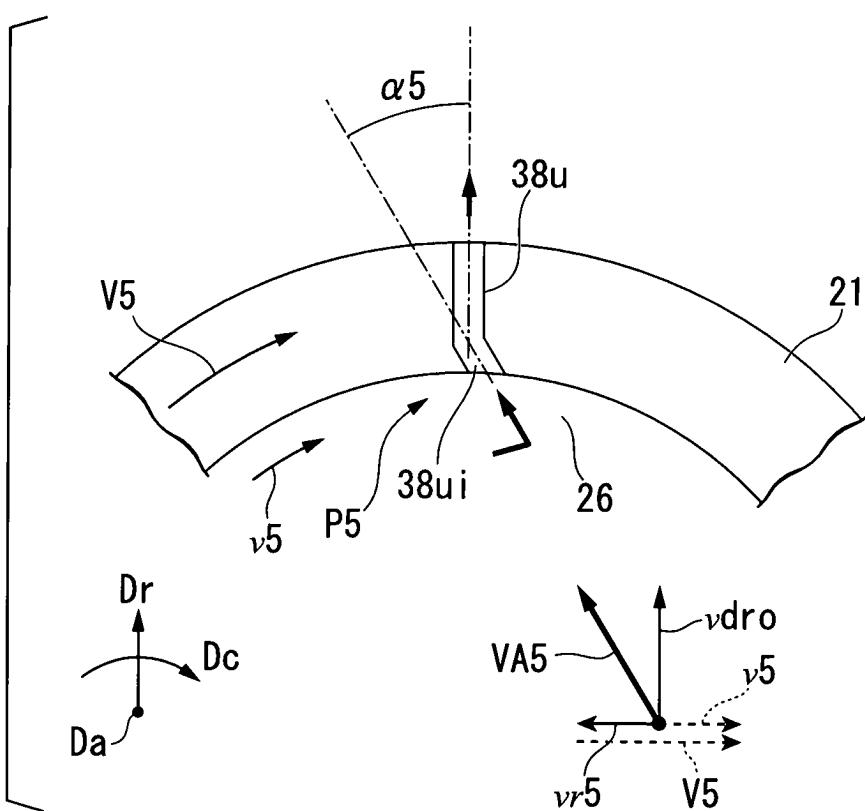


FIG. 20

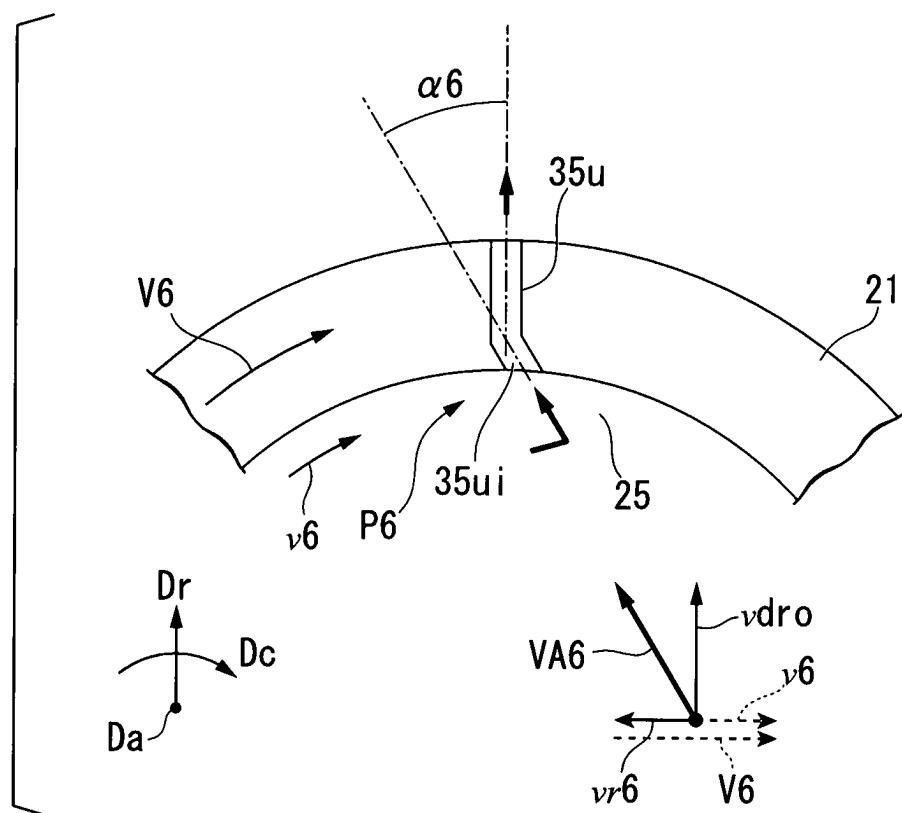


FIG. 21

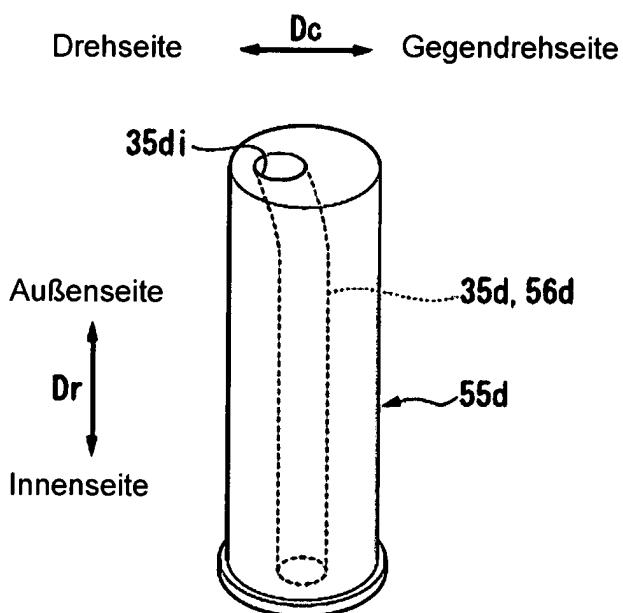


FIG. 22

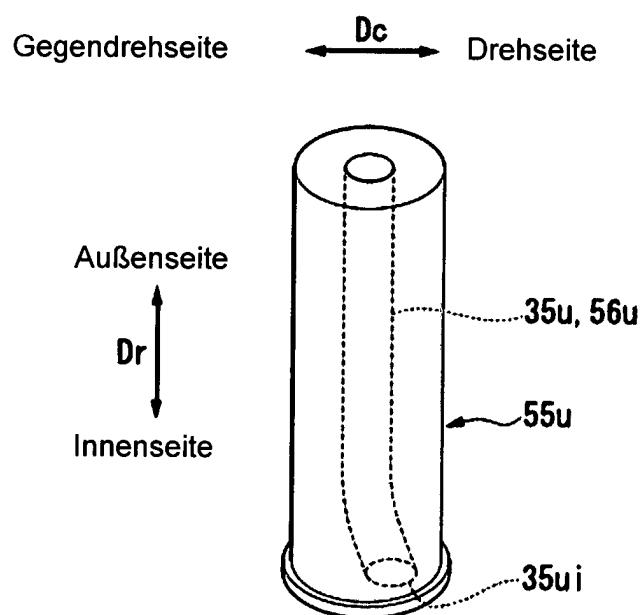


FIG. 23

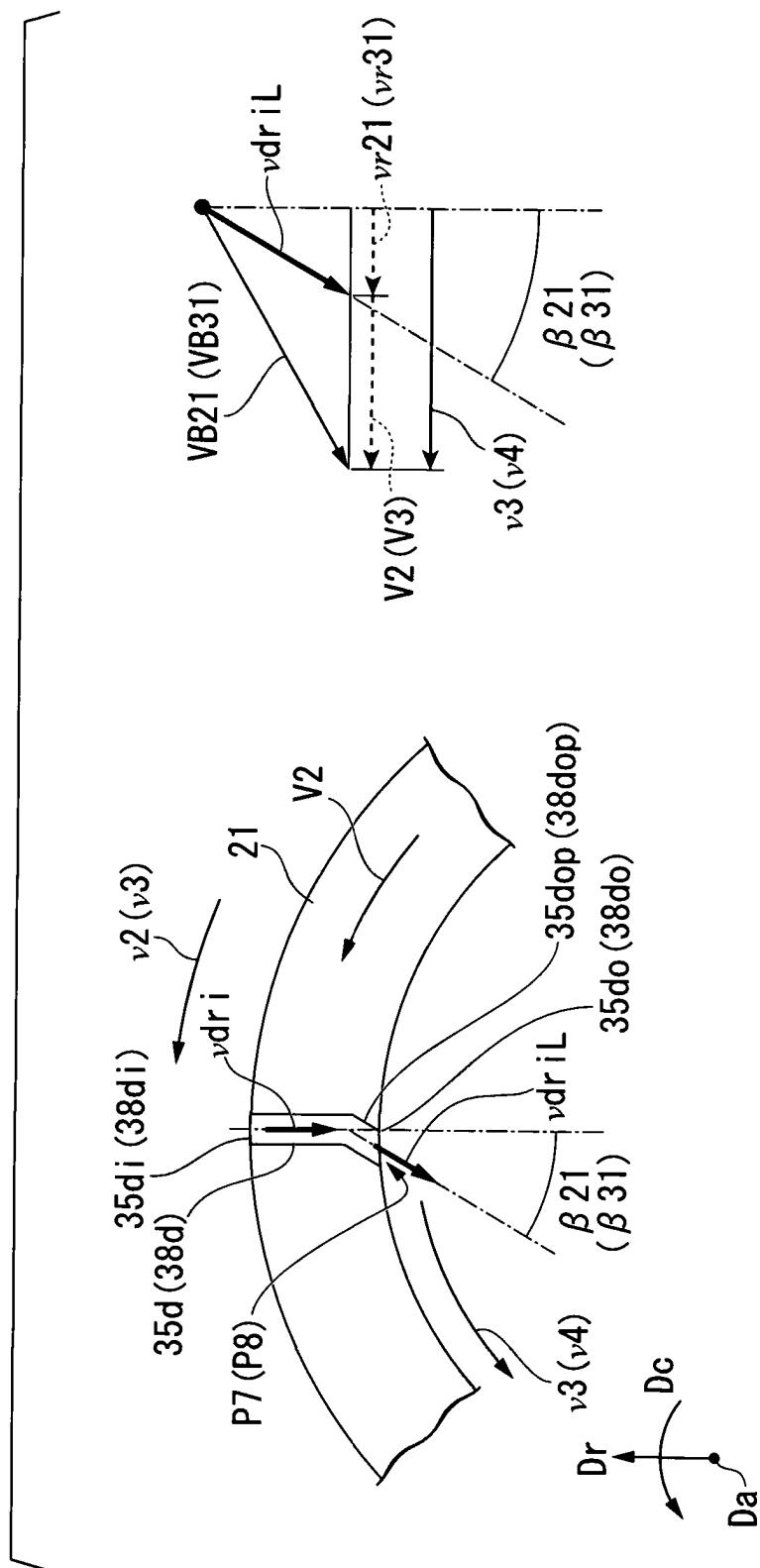


FIG. 24

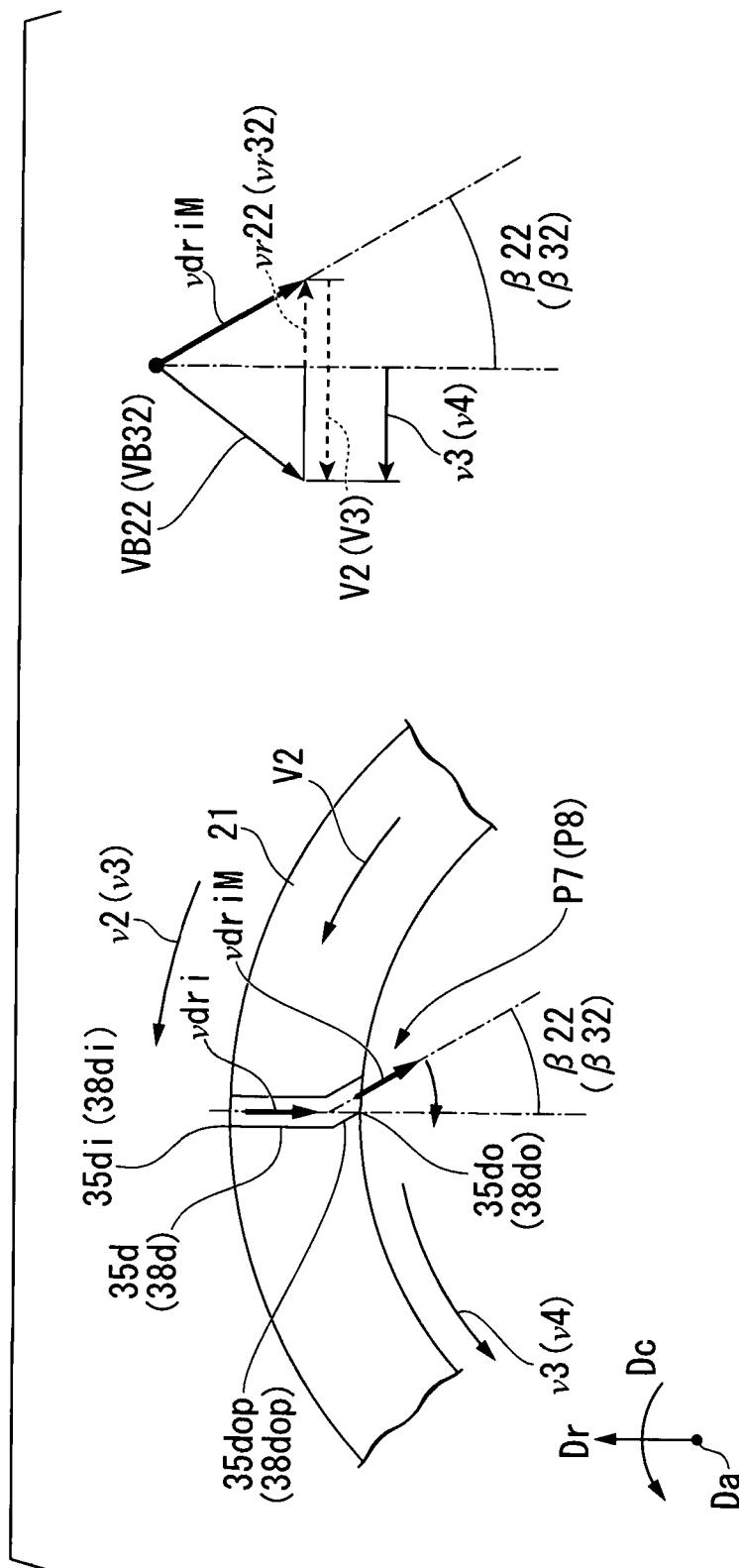


FIG. 25

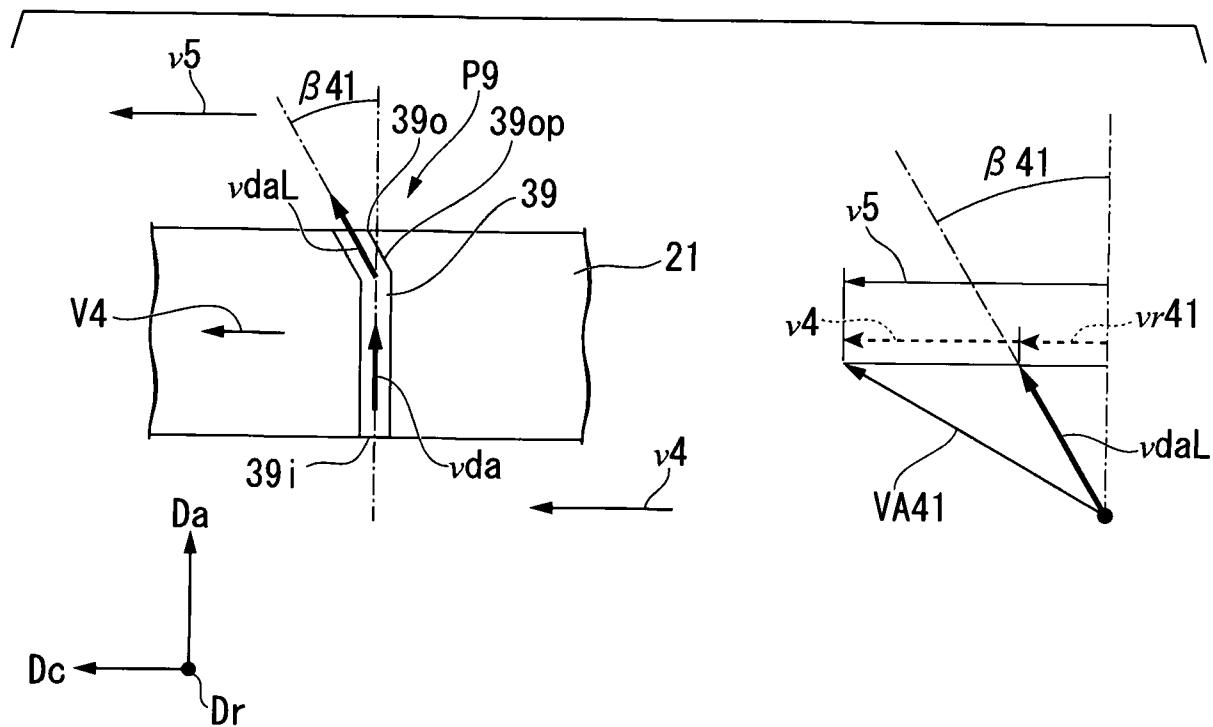


FIG. 26

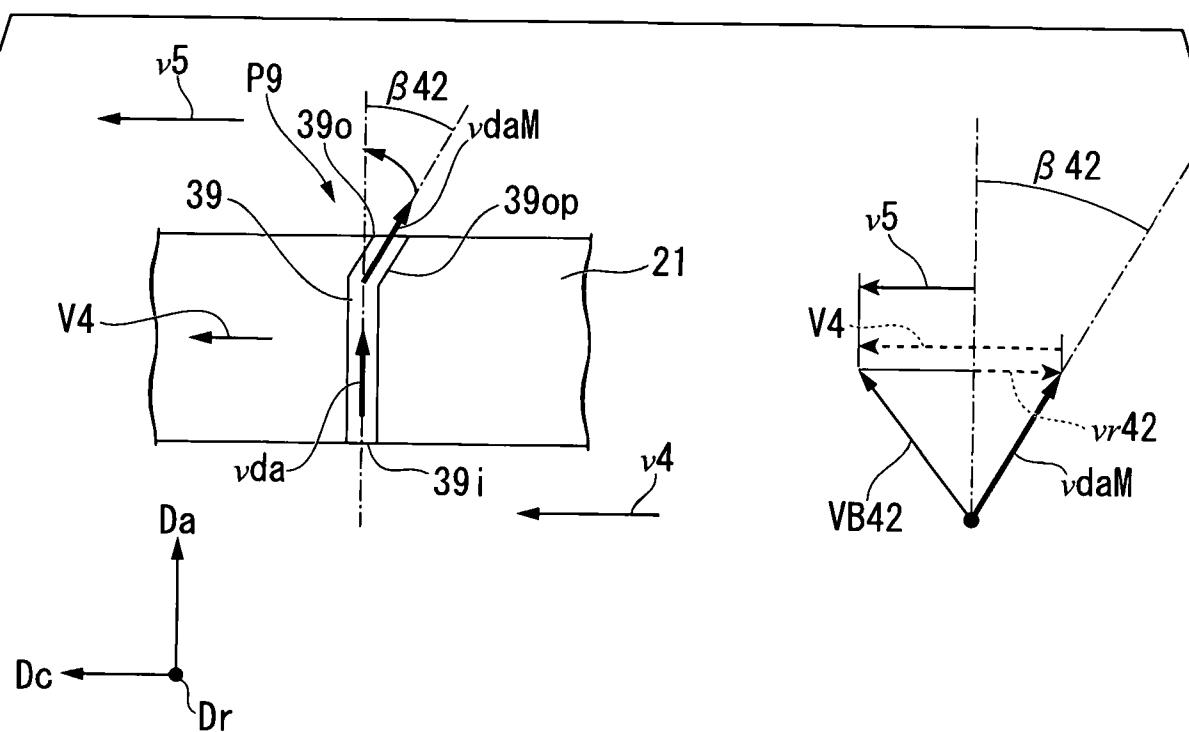


FIG. 27

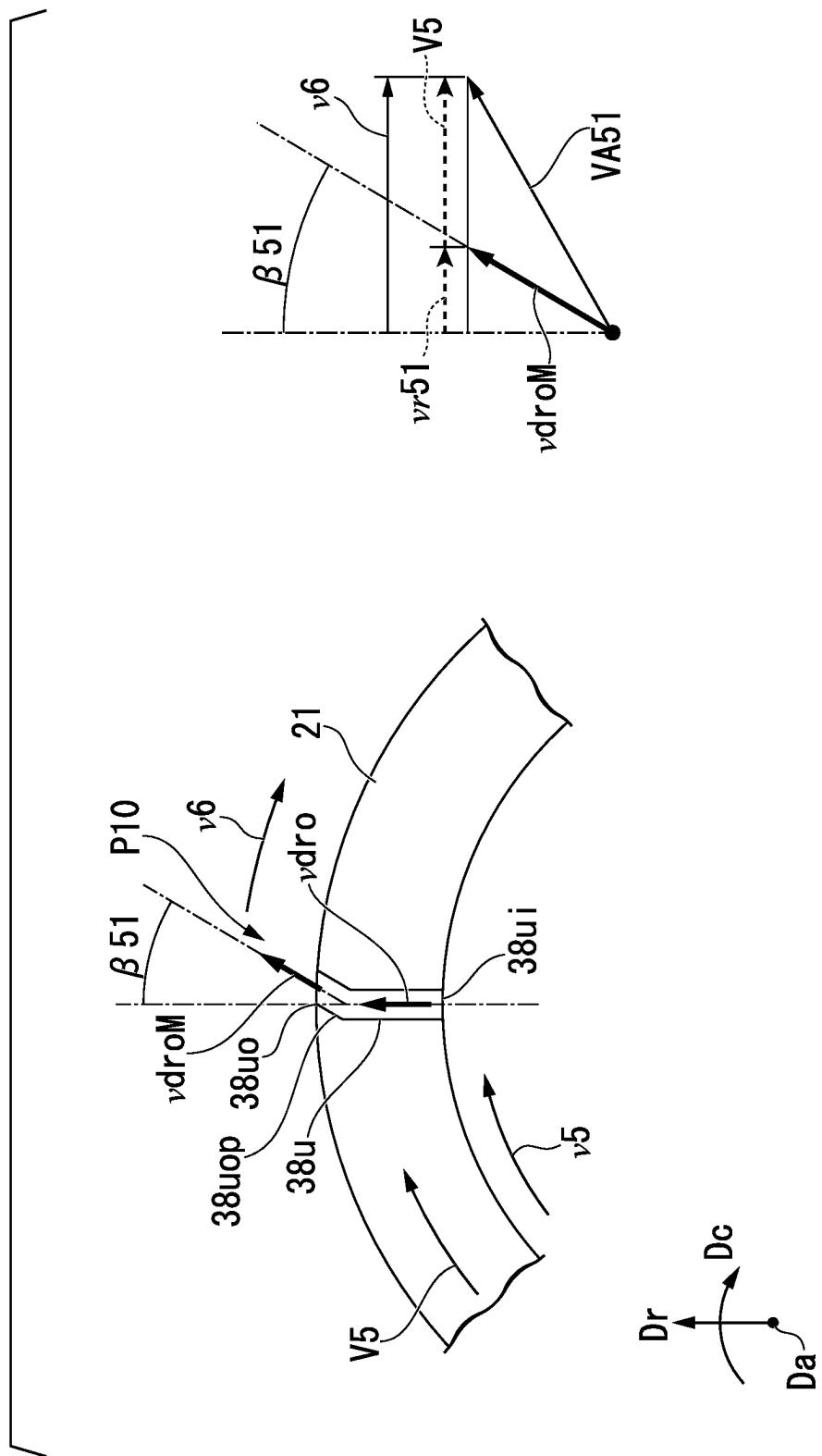


FIG. 28

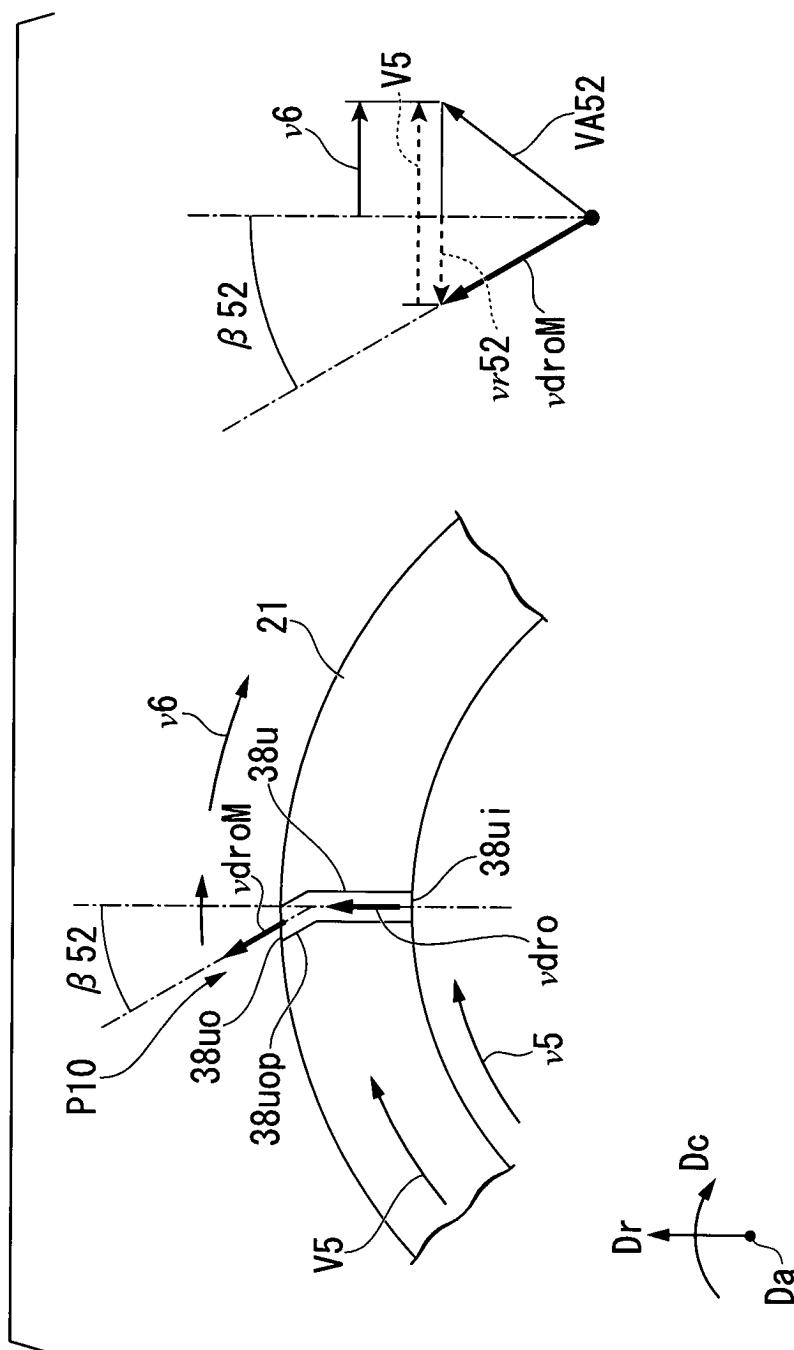


FIG. 29

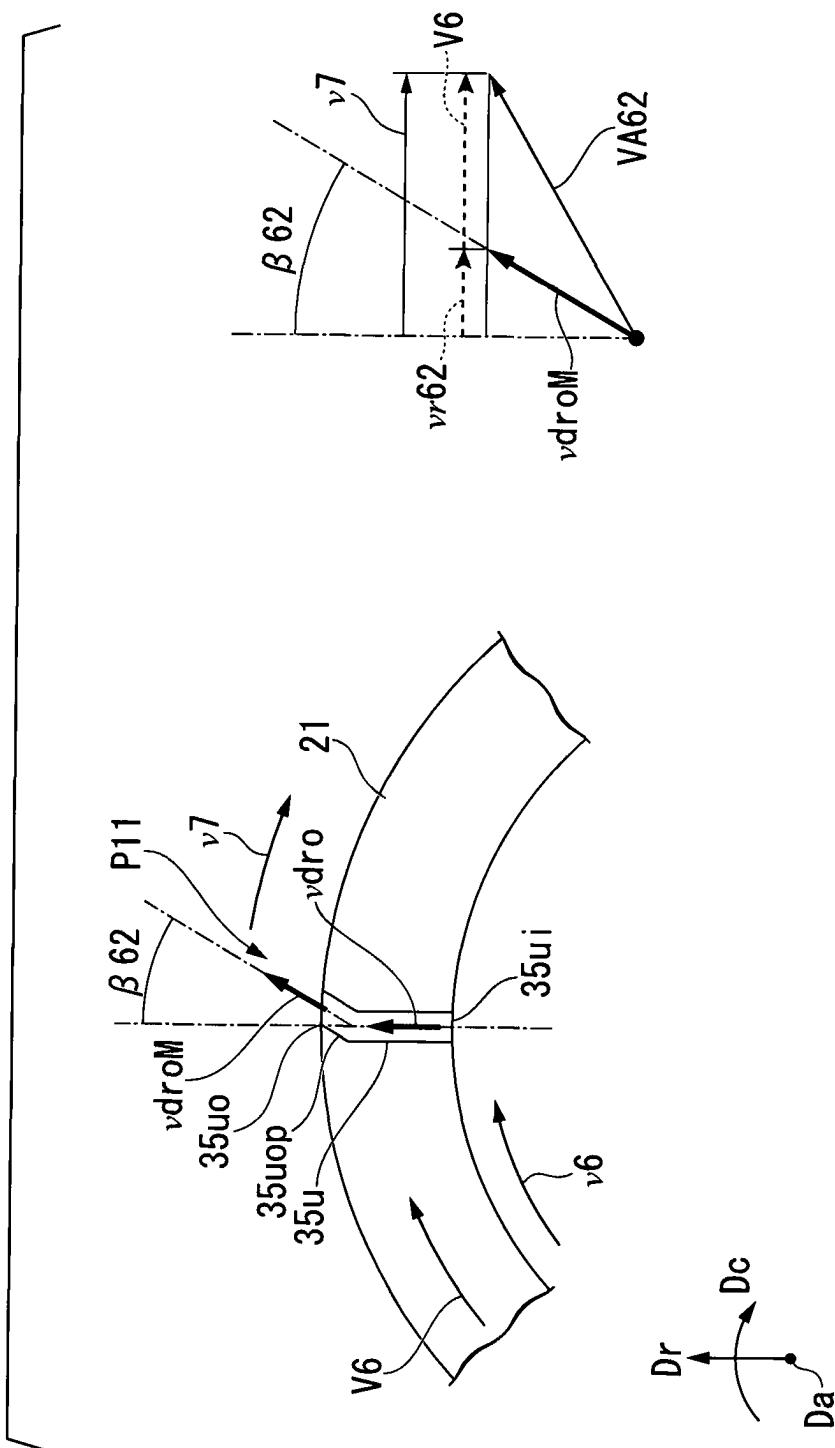


FIG. 30

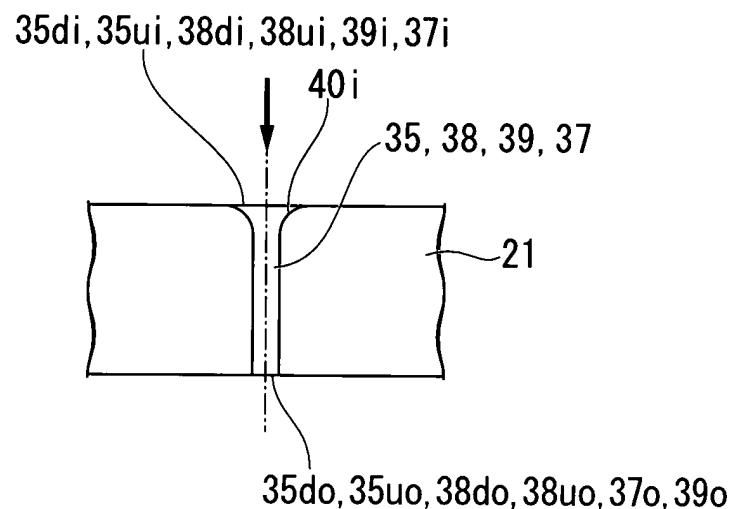


FIG. 31

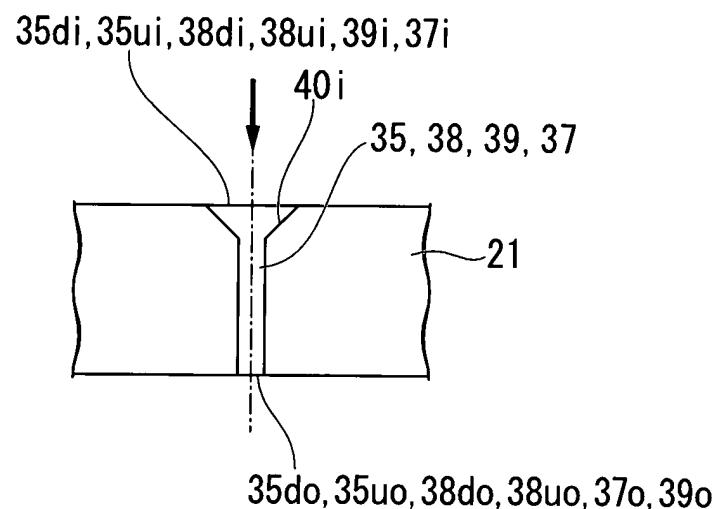


FIG. 32

