



(10) **DE 10 2020 202 258 A1** 2021.01.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 202 258.5**

(22) Anmeldetag: **21.02.2020**

(43) Offenlegungstag: **07.01.2021**

(51) Int Cl.: **F04D 29/44 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

2019-124903

04.07.2019

JP

(71) Anmelder:

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD., Tokyo, JP

(74) Vertreter:

**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

(72) Erfinder:

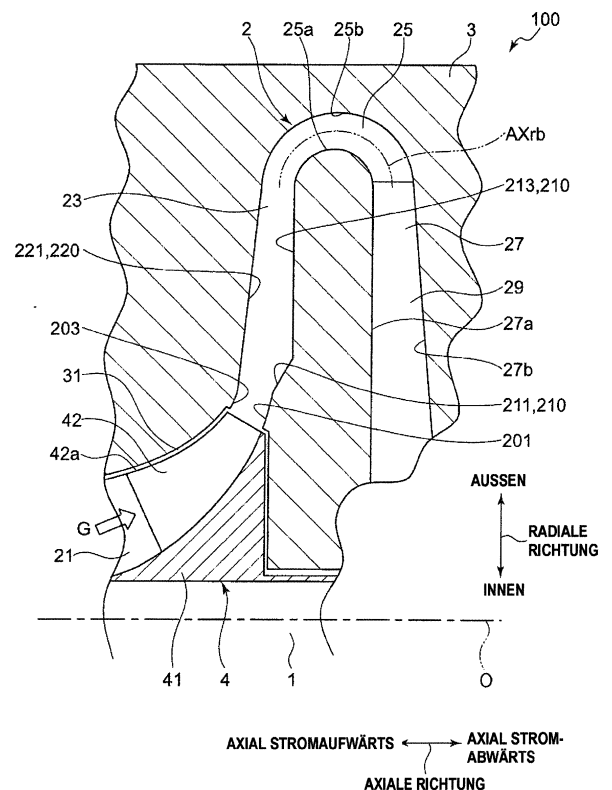
**Kuroda, Miku, Tokyo, JP; Myoren, Chihiro, Tokyo,
JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **MEHRSTUFIGER ZENTRIFUGALKOMPRESSOR**

(57) Zusammenfassung: Ein mehrstufiger Zentrifugalkompressor gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst: mehrere Stufen von Laufrädern, die in einer axialen Richtung angeordnet sind; ein Gehäuse, das die Laufräder umgibt; und einen Diffusorkanal zum Leiten eines von den Laufrädern abgelassenen Arbeitsfluids nach außen in eine radiale Richtung. In einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, weist eine erste Diffusorwandoberfläche an einer Nabenseite von einem Paar von Diffusorwandoberflächen, die in der axialen Richtung über den Diffusorkanal gegenüberliegend sind, eine sich zurückziehende Oberfläche auf, die sich in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition mit einem stromabwärtigen Ende einer ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche zu einer radial äußeren Seite in Bezug auf eine tangentielle Richtung der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche an dem stromabwärtigen Ende der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche zurückzieht, wobei die erste stromaufwärtige Wandoberfläche stromaufwärts von der ersten Diffusorwandoberfläche positioniert und mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbunden ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft einen mehrstufigen Zentrifugalkompressor.

HINTERGRUND

[0002] Als ein Zentrifugalkompressor, der in einem industriellen Kompressor, einem Turbokältekompressor, einer kleinen Gasturbine oder einer Pumpe verwendet wird, ist ein mehrstufiger Zentrifugalkompressor bekannt, der Laufräder mit einer Mehrzahl von Schaufeln aufweist, die an Scheiben montiert sind, welche an einer Rotationswelle fixiert sind. Der mehrstufige Zentrifugalkompressor stellt durch Drehen der Laufräder Druckenergie und Geschwindigkeitsenergie an ein Arbeitsfluid bereit.

[0003] Ein Paar von Laufrädern, die in der axialen Richtung der Rotationswelle angrenzend aneinander sind, ist durch einen Rückführkanal verbunden (siehe zum Beispiel Patentedokument 1).

Literaturstellenliste

Patentliteratur

[0004] Patentedokument 1: JP 2018-173020 A

ZUSAMMENFASSUNG

[0005] Ein derartiger mehrstufiger Zentrifugalkompressor weist ein Paar von Wandoberflächen auf, die über den Rückführkanal axial gegenüberliegend sind. Außerdem weist der mehrstufige Zentrifugalkompressor ein Paar von Diffusorwandoberflächen auf, die über einen Diffusorkanal axial gegenüberliegend sind. Eine nabenseitige Wandoberfläche des Paares von Diffusorwandoberflächen wird auch als eine erste Diffusorwandoberfläche bezeichnet.

[0006] In dem mehrstufigen Zentrifugalkompressor kann eine Trennung des Arbeitsfluids an einer Wandoberfläche, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbunden ist, des Paares von Wandoberflächen des Rückführkanals auftreten.

[0007] Eine derartige Trennung kann die Effizienz des Zentrifugalkompressors verringern, so dass es erwünscht ist, die Trennung soweit wie möglich zu unterdrücken.

[0008] In Hinblick auf das Obige ist eine Aufgabe von zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, eine Verringerung der Effizienz eines mehrstufigen Zentrifugalkompressors zu unterdrücken.

[0009] (1) Ein mehrstufiger Zentrifugalkompressor bzw. Radialverdichter gemäß zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst: mehrere Stufen von Laufrädern, die in einer axialen Richtung angeordnet sind; ein Gehäuse, das die Laufräder umgibt; und einen Diffusorkanal zum Leiten eines von den Laufrädern abgelassenen Arbeitsfluids nach außen in eine radiale Richtung. In einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, weist eine erste Diffusorwandoberfläche an einer Nabenseite (engl. „hub side“) von einem Paar von Diffusorwandoberflächen, die in der axialen Richtung über den Diffusorkanal gegenüberliegend sind, eine sich zurückziehende Oberfläche auf, die sich in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition mit einem stromabwärtigen Ende einer ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche, die stromaufwärts von der ersten Diffusorwandoberfläche positioniert und mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbunden ist, zu einer radial äußeren Seite in Bezug auf eine tangentielle Richtung der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche an dem stromabwärtigen Ende der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche zurückzieht.

[0010] Wie oben beschrieben, kann bei dem mehrstufigen Zentrifugalkompressor eine Trennung bzw. Separation des Arbeitsfluids an einer Wandoberfläche, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbunden ist, des Paares von Wandoberflächen des Rückführkanals bzw. Rückkanals auftreten. Die vorliegenden bzw. gegenwärtigen Erfinder haben sehr genau untersucht und somit herausgefunden, dass die Trennung wahrscheinlich im Fall des Verwendens eines offenen Laufrads, d.h. ein Laufrad mit keiner Abdeckung an der Spitzenseite (engl. „tip side“), auftreten wird.

[0011] Insbesondere, wenn ein offenes Laufrad als das Laufrad des Zentrifugalkompressors verwendet wird, ist ein Spitze-Zwischenraum zwischen dem Spitzenseitenende des Laufrads und dem Gehäuse vorgesehen. Deshalb, aufgrund des Vorhandenseins des Spitze-Zwischenraums, neigt die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids an der Spitzenseite dazu niedriger als an der Nabenseite in einem Auslassseitenabschnitt des Laufrads zu sein. Der Unterschied bei der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids an der Auslassseite des Laufrads beeinflusst auch die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids in dem Diffusorkanal. An dem Auslass des Diffusorkanals neigt die Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der Spitzenseite-Wandoberfläche (nachstehend auch als eine zweite Diffusorwandoberfläche bezeichnet) des Paares von Diffusorwandoberflächen dazu, niedriger als die Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche zu sein.

[0012] In dem mehrstufigen Zentrifugalkompressor sind der Diffusorkanal und der Rückführkanal durch

eine Rückführbiegung verbunden. Die erste Diffusorwandoberfläche ist mit einer radial inneren Wandoberfläche der Rückführbiegung verbunden, und die zweite Diffusorwandoberfläche ist mit einer radial äußeren Wandoberfläche der Rückführbiegung verbunden.

[0013] Das Arbeitsfluid, das aus dem Diffusorkanal in Richtung der radial äußeren Seite herausströmt, wendet an der Rückführbiegung in Richtung der radial inneren Seite und strömt in den Rückführkanal. Zu diesem Zeitpunkt, falls die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche strömt, höher ist als die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche strömt, kann das Arbeitsfluid, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche strömt, an der Rückführbiegung nicht ausreichend wenden bzw. abbiegen. Folglich tritt eine Trennung des Arbeitsfluids an der Wandoberfläche, die mit der radial inneren Wandoberfläche der Rückführbiegung verbunden ist, des Paares von Wandoberflächen des Rückführkanals, d.h. an einer mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbundenen Wandoberfläche, leicht auf.

[0014] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die erste Diffusorwandoberfläche die sich zurückziehende Oberfläche aufweist, wie oben beschrieben, ein nabenseitiger Strömungspfad-Querschnittsbereich in einem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals vergrößert ist. Folglich, verglichen mit dem Fall, wo die erste Diffusorwandoberfläche die sich zurückziehende Oberfläche nicht aufweist, ist es möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt, zu verringern. Da der Unterschied zwischen der Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche und der Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche verringert ist, wendet somit das Arbeitsfluid, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche strömt, leicht an der Rückführbiegung. Deshalb ist es in dem Rückführkanal möglich, eine Trennung des Arbeitsfluids an der Wandoberfläche, die mit der radial inneren Wandoberfläche verbunden ist, d.h. an der mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbundenen Wandoberfläche, zu unterdrücken.

[0015] (2) Bei einigen Ausführungsformen, in der obigen Ausgestaltung (1), weist die erste Diffusorwandoberfläche eine erste Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite der sich zurückziehenden Oberfläche positioniert auf. Die erste Außenwandoberfläche ist derart angeordnet, dass in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der ersten Außenwandoberfläche

auf einer Linie befindet, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, oder an einer Position, die sich in Richtung der Nabenseite von der Linie zurückzieht, und in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ist ein Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der ersten Außenwandoberfläche erstreckt, kleiner als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

[0016] Mit der obigen Ausgestaltung (2), obwohl die sich zurückziehende Oberfläche in Richtung der axialen Richtung in Bezug auf die radiale Richtung geneigt ist, ist die Neigung der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der axialen Richtung verglichen mit der sich zurückziehenden Oberfläche kontrolliert (engl. „controlled“). Somit ist das stromabwärtige Ende der ersten Außenwandoberfläche weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo die Neigung der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der axialen Richtung nicht kontrolliert ist. Dies ermöglicht eine Verringerung der Länge der Rotationswelle des mehrstufigen Zentrifugalkompressors, wobei somit das Auftreten einer Vibration der Rotationswelle unterdrückt wird. Da die Länge der Rotationswelle des mehrstufigen Zentrifugalkompressors verringert ist, ist es ferner möglich, eine Zunahme in axialer Abmessung des mehrstufigen Zentrifugalkompressors zu verhindern.

[0017] (3) Bei einigen Ausführungsformen, in der obigen Ausgestaltung (1), weist die erste Diffusorwandoberfläche eine erste Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite der sich zurückziehenden Oberfläche positioniert auf. Die erste Außenwandoberfläche ist derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der ersten Außenwandoberfläche an einer Position befindet, die in Richtung einer Spitzenseite von einer Linie vorsteht, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt.

[0018] Mit der obigen Ausgestaltung (3) ist das stromabwärtige Ende der ersten Außenwandoberfläche axial stromaufwärts von der Linie positioniert, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren

ßeren Seite erstreckt. Somit ist das stromabwärtige Ende der ersten Außenwandoberfläche weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo das stromabwärtige Ende der ersten Außenwandoberfläche axial stromabwärts von dieser Linie positioniert ist. Dies ermöglicht eine Verringerung der Länge der Rotationswelle des mehrstufigen Zentrifugalkompressors, wobei somit das Auftreten einer Vibration der Rotationswelle unterdrückt wird. Da die Länge der Rotationswelle des mehrstufigen Zentrifugalkompressors verringert ist, ist es ferner möglich eine Zunahme in axialer Abmessung des mehrstufigen Zentrifugalkompressors zu verhindern.

[0019] (4) Bei einigen Ausführungsformen, in einer der obigen Ausgestaltungen (1) bis (3), weist eine zweite Diffusorwandoberfläche an einer Spitzenseite des Paares von Diffusorwandoberflächen eine vorstehende Oberfläche auf, die in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition mit einem stromabwärtigen Ende von einer zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche, die stromaufwärts von der zweiten Diffusorwandoberfläche positioniert und mit der zweiten Diffusorwandoberfläche verbunden ist, zu der radial äußeren Seite in Bezug auf eine tangentielle Richtung der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche an dem stromabwärtigen Ende der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche vorsteht.

[0020] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die zweite Diffusorwandoberfläche nicht die vorstehende Oberfläche aufweist, der Strömungspfad-Querschnittsbereich in einem Auslassseitenbereich des Diffusorkanals relativ zunimmt, und die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche abnimmt, was eine Rückströmung des Arbeitsfluids von der Rückführbiegung verursachen kann.

[0021] Mit der obigen Ausgestaltung (4), da der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals verringert ist, verglichen mit dem Fall, wo die zweite Diffusorwandoberfläche die vorstehende Oberfläche nicht aufweist, ist es möglich eine Rückströmung des Arbeitsfluids von der Rückführbiegung, wie oben beschrieben, zu unterdrücken. Mit der obigen Ausgestaltung (4) ist es ferner möglich, die Dicke von einer Grenzschicht, wo die Strömungsgeschwindigkeit aufgrund des Einflusses der zweiten Diffusorwandoberfläche verringert ist, in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche zu verringern.

[0022] (5) Bei einigen Ausführungsformen, in der obigen Ausgestaltung (4), ist die zweite Diffusorwandoberfläche an der Spitzenseite derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der vorstehenden Oberfläche auf einer Linie befindet, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden

Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, oder an einer Position, die in Richtung der Nabenseite von der Linie vorsteht, und in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ist ein Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der vorstehenden Oberfläche erstreckt, kleiner als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

[0023] Mit der obigen Ausgestaltung (5) ist das stromabwärtige Ende der vorstehenden Oberfläche weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo der Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der vorstehenden Oberfläche erstreckt, größer ist als der Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt. Dies verhindert, dass das stromabwärtige Ende der vorstehenden Oberfläche übermäßig nah an die erste Diffusorwandoberfläche kommt, wobei somit der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals sichergestellt wird.

[0024] (6) Bei einigen Ausführungsformen, in der obigen Ausgestaltung (5), weist die zweite Diffusorwandoberfläche eine zweite Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite der vorstehenden Oberfläche positioniert auf. Die zweite Außenwandoberfläche ist derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der zweiten Außenwandoberfläche an einer Position befindet, die sich in Richtung der Spitzenseite von einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der zweiten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, zurückzieht.

[0025] Mit der obigen Ausgestaltung (6) ist das stromabwärtige Ende der zweiten Außenwandoberfläche weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo das stromabwärtige Ende der zweiten Außenwandoberfläche an einer Position positioniert ist, die in Richtung der Nabenseite von der

Linie vorsteht, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der zweiten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt. Dies verhindert, dass das stromabwärtige Ende der zweiten Außenwandoberfläche übermäßig nah an die erste Diffusorwandoberfläche kommt, wobei somit der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals sichergestellt wird. Da der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals wie oben beschrieben sichergestellt ist, ist es überdies unnötig einen Bereich der ersten Diffusorwandoberfläche, der dem stromabwärtigen Ende der zweiten Außenwandoberfläche zugewandt ist, weiter axial stromabwärts als notwendig anzuordnen. Somit ist es möglich die Länge der Rotationswelle des mehrstufigen Zentrifugalcompressors zu verringern.

[0026] (7) Bei einigen Ausführungsformen, in einer der obigen Ausgestaltungen (4) bis (6), ist ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der vorstehenden Oberfläche erstreckt, kleiner als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

[0027] Mit der obigen Ausgestaltung (7), da der Abstand bzw. die Entfernung zu der vorstehenden Oberfläche von dem stromaufwärtigen Ende zu dem stromabwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche zunimmt, ist es möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt, zu verringern.

[0028] (8) Bei einigen Ausführungsformen, in einer der obigen Ausgestaltungen (1) bis (7), ist eine Länge der sich zurückziehenden Oberfläche in der radialen Richtung mehr als 5% und gleich oder weniger als 20% von einer Länge der ersten Diffusorwandoberfläche in der radialen Richtung.

[0029] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die Länge der sich zurückziehenden Oberfläche in der radialen Richtung gleich oder weniger als 5% von der Länge der ersten Diffusorwandoberfläche ist, der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt,

verringert ist. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (8) möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt, effektiv zu verringern.

[0030] Unterdes, wenn die Länge der sich zurückziehenden Oberfläche in der radialen Richtung zunimmt, zusätzlich dazu, dass der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids zunimmt, nimmt die Länge der Rotationswelle zu, da das stromabwärtige Ende der sich zurückziehenden Oberfläche axial stromabwärts positioniert ist. Deshalb kann eine Vibration der Rotationswelle leicht auftreten.

[0031] Als eine Folge von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die Länge der sich zurückziehenden Oberfläche in der radialen Richtung gleich oder weniger als 20% von der Länge der ersten Diffusorwandoberfläche ist, eine Vibration der Rotationswelle unterdrückt wird, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids soviel wie möglich sichergestellt wird. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (8) möglich eine Vibration der Rotationswelle zu unterdrücken, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids soviel wie möglich sichergestellt wird.

[0032] (9) Bei einigen Ausführungsformen, in einer der obigen Ausgestaltungen (1) bis (8), ist ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt, mehr als 5° und weniger als 10°.

[0033] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn der Winkel gleich oder weniger als 5° ist, der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt, verringert ist. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (9) möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals strömt, effektiv zu verringern.

[0034] Unterdes, wenn sich der Winkel vergrößert, zusätzlich dazu, dass der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids zunimmt, kann sich die Länge der Rotationswelle vergrößern, da das stromabwärtige Ende der sich zu-

rückziehenden Oberfläche axial stromabwärts positioniert ist. Deshalb kann eine Vibration der Rotationswelle leicht auftreten.

[0035] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn der Winkel weniger als 10° ist, eine Vibration der Rotationswelle unterdrückt wird, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids soviel wie möglich sichergestellt wird. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (9) möglich eine Vibration der Rotationswelle zu unterdrücken, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids soviel wie möglich sichergestellt wird.

[0036] (10) Bei einigen Ausführungsformen, in einer der obigen Ausgestaltungen (1) bis (9), wenn ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche an der Nabenseite und einer zweiten Diffusorwandoberfläche an einer Spitzenseite des Paares von Diffusorwandoberflächen an einem Einlassseitenende des Diffusorkanals 100% ist, ist ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche und der zweiten Diffusorwandoberfläche an einem Auslassseitenende des Diffusorkanals gleich oder mehr als 90% und gleich oder weniger als 110%.

[0037] Wenn der Abstand an dem Auslassseitenende weniger als 90% ist, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit in dem Diffusorkanal nicht ausreichend ab, was in einer Zunahme des Druckverlusts und einer Verringerung der Effizienz des mehrstufigen Zentrifugalkompressors resultiert. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (10) möglich, die Verringerung der Effizienz des Zentrifugalkompressors zu unterdrücken. Unterdes, wenn der Abstand an dem Auslassseitenende mehr als 110% ist, vergrößert sich der Strömungspfad-Querschnittsbereich in dem Auslassseitenbereich des Diffusorkanals relativ, und, wie oben beschrieben, die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids nimmt in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche ab, was eine Rückströmung des Arbeitsfluids von der Rückführbiegung verursachen kann. Folglich ist es mit der obigen Ausgestaltung (10) möglich, eine Rückströmung des Arbeitsfluids von der Rückführbiegung zu unterdrücken.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine Verringerung der Effizienz eines mehrstufigen Zentrifugalkompressors zu unterdrücken.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht eines mehrstufigen Zentrifugalkompressors gemäß einiger Ausführungsformen.

Fig. 2 ist eine schematische vergrößerte Ansicht von einem Teil eines Querschnitts eines

mehrstufigen Zentrifugalkompressors gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 3 ist eine schematische vergrößerte Ansicht von einem Teil eines Querschnitts eines mehrstufigen Zentrifugalkompressors gemäß einer anderen Ausführungsform.

Fig. 4 ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig. 2**.

Fig. 5 ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig. 3**.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0039] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun im Detail unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Es ist jedoch beabsichtigt, dass, sofern nicht besonders gekennzeichnet, Abmessungen, Materialien, Formen, relative Positionen und dergleichen von in den Ausführungsformen beschriebenen Komponenten lediglich als veranschaulichend interpretiert werden sollen und nicht beabsichtigt sind, den Umfang der vorliegenden Erfindung zu beschränken.

[0040] Zum Beispiel soll ein Ausdruck einer relativen oder absoluten Anordnung wie beispielsweise „in eine Richtung“, „entlang einer Richtung“, „parallel“, „orthogonal“, „mittig“, „konzentrisch“ und „koaxial“ nicht ausgelegt werden, dass lediglich die Anordnung in einem strengen Wortsinn angegeben wird, sondern auch einen Zustand umfasst, wo die Anordnung durch eine Toleranz, oder durch einen Winkel oder einen Abstand relativ verschoben ist, wodurch es möglich ist, die gleiche Funktion zu erzielen.

[0041] Zum Beispiel soll ein Ausdruck eines gleichen Zustands wie beispielsweise „derselbe“, „gleich“ und „gleichmäßig“ nicht ausgelegt werden, dass lediglich der Zustand angegeben wird, in welchem das Merkmal streng gleich ist, sondern auch einen Zustand umfasst, in welchem es eine Toleranz oder einen Unterschied gibt, der immer noch die gleiche Funktion erzielen kann.

[0042] Ferner soll zum Beispiel ein Ausdruck von einer Form wie beispielsweise eine rechteckige Form oder eine zylindrische Form nicht lediglich als die geometrisch strenge Form ausgelegt werden, sondern umfasst auch eine Form mit einer Unebenheit oder abgeschrägten Ecken innerhalb des Bereichs, in welchem der gleiche Effekt erzielt werden kann.

[0043] Andererseits ist ein Begriff wie beispielsweise „aufweisen“, „umfassen“, „mit“, „enthalten“ und „bilden“ nicht beabsichtigt, andere Komponenten auszuschließen.

(Gesamtausgestaltung von mehrstufigem Zentrifugalkompressor **100**)

[0044] Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht eines mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** gemäß einiger Ausführungsformen, entlang einer Achse **O** von einer Rotationswelle **1** genommen. Fig. 2 ist eine schematische vergrößerte Ansicht von einem Teil eines Querschnitts des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** gemäß einer Ausführungsform. Fig. 3 ist eine schematische vergrößerte Ansicht von einem Teil eines Querschnitts des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0045] Um eine Erschwerung der Zeichnungen zu vermeiden, zeigt Fig. 1 nicht die ausführliche Form eines Strömungspfad **2**, der in Fig. 2 und folgenden Figuren abgebildet ist.

[0046] Wie in Fig. 1 gezeigt, umfasst der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen eine Rotationswelle **1**, mehrere Stufen von Laufrädern **4**, die in der axialen Richtung der Rotationswelle **1** in Bezug auf die Rotationswelle **1** angeordnet sind, ein Gehäuse **3**, das die Laufräder **4** umgibt, und einen Strömungspfad **2**. Das Gehäuse **3** bildet den Strömungspfad **2** durch Bedecken des Umfangs der Rotationswelle **1** aus.

[0047] Das Gehäuse **3** weist eine zylindrische Form auf, die sich entlang der Achse **O** erstreckt. Die Rotationswelle **1** erstreckt sich entlang der Achse **O** und geht durch die Innenseite des Gehäuses **3** durch. An beiden Enden des Gehäuses **3** in der Achse-O-Richtung sind ein Radiallager **5** beziehungsweise ein Axiallager **6** angeordnet. Die Rotationswelle **1** wird durch das Radiallager **5** und das Axiallager **6** auf eine drehbare Weise um die Achse **O** gestützt.

[0048] Auf einer axialen Seite des Gehäuses **3** ist eine Ansaugöffnung **7** vorgesehen, um Luft von der Außenseite als ein Arbeitsfluid **G** anzusaugen. Auf der anderen axialen Seite des Gehäuses **3** ist eine Ablassöffnung **8** vorgesehen, um das innerhalb des Gehäuses **3** komprimierte Arbeitsfluid **G** abzulassen.

[0049] Innerhalb des Gehäuses **3** stehen die Ansaugöffnung **7** und die Ablassöffnung **8** miteinander in Verbindung und bilden einen Innenraum mit einem schwankenden bzw. veränderlichen Durchmesser aus. Der Innenraum nimmt die Laufräder **4** auf und bildet einen Teil des Strömungspfad **2** aus.

[0050] In der folgenden Beschreibung wird, an dem Strömungspfad **2**, die Seite mit der Ansaugöffnung **7** einfach als stromaufwärts bezeichnet, und die Seite mit der Ablassöffnung **8** wird einfach als stromabwärts bezeichnet.

[0051] Ferner wird in der folgenden Beschreibung die Richtung der Achse **O** der Rotationswelle **1** auch einfach als die axiale Richtung bezeichnet. In Bezug auf die Richtung entlang der Achse **O** der Rotationswelle **1**, wird die Seite mit der Ansaugöffnung **7** als die axial stromaufwärtige bezeichnet, und die Seite mit der Ablassöffnung **8** wird als axial stromabwärts bezeichnet.

[0052] In der folgenden Beschreibung wird die radiale Richtung um die Achse **O** der Rotationswelle **1** herum auch einfach als die radiale Richtung bezeichnet, die innere Seite in der radialen Richtung um die Achse **O** herum wird auch einfach als die radial innere Seite bezeichnet, und die äußere Seite in der radialen Richtung um die Achse **O** herum wird auch einfach als die radial äußere Seite bezeichnet. Ferner wird in der folgenden Beschreibung die Umfangsrichtung um die Achse **O** der Rotationswelle **1** herum auch einfach als die Umfangsrichtung bezeichnet.

[0053] Die Rotationswelle **1** ist mit einer Mehrzahl von (z.B. sechs) Laufrädern **4** versehen, die an der Außenumfangsoberfläche in Intervallen bzw. Abständen in der Achse-O-Richtung angeordnet sind. Zum Beispiel, wie in Fig. 2 gezeigt, weist jedes Laufrad **4** eine Scheibe (Nabe) **41** mit einem im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt auf, wenn sie aus der axialen Richtung betrachtet wird, und eine Mehrzahl von Schaufeln **42**, die an einer stromaufwärtigen Oberfläche der Scheibe **41** angeordnet sind.

[0054] Die Scheibe **41** ist derart geformt, dass wenn sie aus einer die Achse **O** schneidenden Richtung betrachtet wird, die radiale Abmessung von einer Seite zu der anderen in der axialen Richtung allmählich zunimmt, und weist somit eine im Wesentlichen Konusform auf.

[0055] Die Schaufeln **42** sind radial um die Achse **O** herum in Richtung der radial äußeren Seite, an der stromaufwärts gewandten Konusoberfläche unter beiden Oberflächen der Scheibe **41** in der axialen Richtung, angeordnet. Genauer sind die Schaufeln **42** durch dünne Platten ausgebildet, die stromaufwärts von der stromaufwärtigen Oberfläche der Scheibe **41** ausgerichtet sind. Diese Schaufeln **42** sind von einer Seite zu der anderen in der Umfangsrichtung gekrümmt, wenn sie aus der axialen Richtung betrachtet werden.

[0056] Das Laufrad **4** gemäß einiger Ausführungsformen weist keine Abdeckung **43** an stromaufwärtigen Rändern der Schaufeln **42** auf. Mit anderen Worten ist das Laufrad **4** gemäß einiger Ausführungsformen ein sogenanntes offenes Laufrad.

[0057] Der Strömungspfad **2** ist ein Raum, der mit dem Innenraum des Gehäuses **3** in Verbindung steht. Diese Ausführungsform basiert auf der Prämisse,

dass ein Strömungspfad **2** für ein Laufrad **4** (eine Kompressionsstufe) ausgebildet ist. Genauer weist zum Beispiel der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen fünf kontinuierliche Strömungspfade **2** auf, von stromaufwärts nach stromabwärts entsprechend fünf Laufrädern **4** mit Ausnahme des Letzte-Stufe-Laufrads **4**.

[0058] Jeder Strömungspfad **2** umfasst einen Ansaugkanal **21**, einen Diffusorkanal **23**, eine Rückführbiegung **25** und einen Rückführkanal **27**. In **Fig. 2** werden unter den Laufrädern **4** und Strömungspfaden **2** das Erste-Stufe-Laufrad **4** und Strömungspfad **2** davon gezeigt.

[0059] In dem Erste-Stufe-Laufrad **4** ist der Ansaugkanal **21** mit der Ansaugöffnung **7** direkt verbunden. Der Ansaugkanal **21** gestattet, dass Außenluft in die Kanäle an dem Strömungspfad **2** als das Arbeitsfluid **G** hereingezogen wird.

[0060] Obwohl in **Fig. 2** und **Fig. 3** nicht gezeigt, stehen die Ansaugkanäle **21** der Laufräder **4** in der zweiten und späteren Stufen jeder in Verbindung mit dem stromabwärtigen Ende des Rückführkanals **27** des Strömungspfads **2** in der vorherigen Stufe (erste Stufe).

[0061] Der Diffusorkanal **23** erstreckt sich von der radial inneren Seite zu der radial äußeren Seite. Der Diffusorkanal **23** dient dazu das Arbeitsfluid **G**, das durch das Laufrad **4** komprimiert und abgelassen wird, in Richtung der radial äußeren Seite zu leiten. Zum Beispiel, wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt, weist der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen ein Paar von Diffusorwandoberflächen **210**, **220** auf, die axial gegenüberliegend über den Diffusorkanal **23** in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung sind. Die Diffusorwandoberfläche **210** auf der Nabenseite (axial stromabwärtige Seite) des Paares von Diffusorwandoberflächen **210**, **220** wird auch als eine erste Diffusorwandoberfläche **210** bezeichnet, und die Diffusorwandoberfläche **220** auf der Spitzenseite (axial stromaufwärtige Seite) wird auch als eine zweite Diffusorwandoberfläche **220** bezeichnet.

[0062] Die Rückführbiegung **25** dient dazu die Strömungsrichtung des Arbeitsfluids **G**, das aus dem Diffusorkanal **23** in Richtung der radial äußeren Seite herausströmt, zu ändern, um in Richtung der radial inneren Seite gerichtet zu sein. Das stromaufwärtige Ende der Rückführbiegung **25** ist mit dem stromabwärtigen Ende des Diffusorkanals **23** verbunden. Das stromabwärtige Ende der Rückführbiegung **25** ist mit dem stromaufwärtigen Ende des Rückführkanals **27** verbunden.

[0063] Der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen weist eine erste

Biegungswandoberfläche **25a** auf, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden ist und auf der radial inneren Seite der Mittelachse AXrb entlang der Erstreckungsrichtung der Rückführbiegung **25** positioniert ist. Der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen weist eine zweite Biegungswandoberfläche **25b** auf, die mit der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** verbunden ist und auf der radial äußeren Seite der Mittelachse AXrb positioniert ist. Die Rückführbiegung **25** gemäß einiger Ausführungsformen ist zwischen der ersten Biegungswandoberfläche **25a** und der zweiten Biegungswandoberfläche **25b** sandwich-artig angeordnet.

[0064] Der Rückführkanal **27** gestattet dem Arbeitsfluid **G**, welches an der Rückführbiegung **25** in Richtung der radial inneren Seite gewendet wird, in das Laufrad **4** in der nächsten Stufe einzutreten. Der Rückführkanal **27** weist eine Rückführleitschaufel **29** auf.

[0065] Der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen weist eine erste Rückströmungswandoberfläche **27a** auf, die mit der ersten Biegungswandoberfläche **25a** verbunden ist und auf der axial stromaufwärtigen Seite positioniert ist. Der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** gemäß einiger Ausführungsformen weist eine zweite Rückströmungswandoberfläche **27b** auf, die mit der zweiten Biegungswandoberfläche **25b** verbunden ist und auf der axial stromabwärtigen Seite positioniert ist. Der Rückführkanal **27** gemäß einiger Ausführungsformen ist zwischen der ersten Rückströmungswandoberfläche **27a** und der zweiten Rückströmungswandoberfläche **27b** sandwich-artig angeordnet.

[0066] Mit anderen Worten, ist die erste Rückströmungswandoberfläche **27a** mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden, und die zweite Rückströmungswandoberfläche **27b** ist mit der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** verbunden.

[0067] **Fig. 4** ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig. 2**. **Fig. 5** ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig. 3**. Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** und **Fig. 5**, werden nun Details des Strömungspfads **2** gemäß einiger Ausführungsformen beschrieben werden.

(Trennung von Arbeitsfluid **G** im Rückführkanal **27**)

[0068] In dem mehrstufigen Zentrifugalkompressor **100** kann eine Trennung des Arbeitsfluids an der ersten Rückströmungswandoberfläche **27a**, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden ist, des Paares von Wandoberflächen (erste Rückströmungswandoberfläche **27a** und zweite Rückströmungswandoberfläche **27b**) des Rückführkanals **27**

auftreten. Die gegenwärtigen Erfinder haben sehr genau untersucht und folglich herausgefunden, dass die Trennung wahrscheinlich in einem Fall des Verwendens eines offenen Laufrads, d.h. ein Laufrad **4** mit keiner Abdeckung an der Spitzenseite, auftreten wird.

[0069] Insbesondere, wenn ein offenes Laufrad als das Laufrad **4** des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** verwendet wird, ist ein Spitze-Zwischenraum **31** zwischen einem Spitzenseitenende **42a** des Laufrads **4** und dem Gehäuse vorgesehen. Deshalb, aufgrund des Vorhandenseins des Spitze-Zwischenraums **31**, neigt die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** an der Spitzenseite dazu niedriger als an der Nabenseite in einem Auslassseitenabschnitt des Laufrads **4** zu sein. Der Unterschied in Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** an der Auslassseite des Laufrads **4** beeinflusst auch die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** in dem Diffusorkanal **23**. An dem Auslass des Diffusorkanals **23** neigt die Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** dazu, niedriger als die Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** zu sein.

[0070] Wie oben beschrieben, sind bei dem mehrstufigen Zentrifugalkompressor **100** der Diffusorkanal **23** und der Rückführkanal **27** durch die Rückführbiegung **25** verbunden. Die erste Diffusorwandoberfläche **210** ist mit der ersten Biegungswandoberfläche **25a** auf der radial inneren Seite der Rückführbiegung **25** verbunden, und die zweite Diffusorwandoberfläche **220** ist mit der zweiten Biegungswandoberfläche **25b** auf der radial äußeren Seite der Rückführbiegung **25** verbunden.

[0071] Das Arbeitsfluid **G**, das aus dem Diffusorkanal **23** in Richtung der radial äußeren Seite herausströmt, wendet an der Rückführbiegung **25** in Richtung der radial inneren Seite und strömt in den Rückführkanal **27**. Zu diesem Zeitpunkt, falls die Strömungsgeschwindigkeit des in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** strömenden Arbeitsfluids **G** höher als die Strömungsgeschwindigkeit des in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** strömenden Arbeitsfluids **G** ist, kann das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** strömende Arbeitsfluid **G** an der Rückführbiegung **25** nicht ausreichend wenden. Als eine Folge trennt sich in dem Rückführkanal **27** das Arbeitsfluid **G** leicht an der ersten Rückströmungswandoberfläche **27a**, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden ist.

[0072] Als eine Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die erste Diffusorwandoberfläche **210** eine sich zurückziehende Oberfläche **211** aufweist, welche später im Detail beschrieben

wird, ein nabenseitiger Strömungspfad-Querschnittsbereich in einem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** vergrößert ist. Verglichen mit dem Fall, wo die erste Diffusorwandoberfläche **210** die sich zurückziehende Oberfläche **211** nicht aufweist, ist es folglich möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt, zu verringern. Da der Unterschied zwischen der Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** und der Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** verringert ist, wendet somit das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** strömende Arbeitsfluid **G** leicht an der Rückführbiegung **25**. Deshalb ist es in dem Rückführkanal **27** möglich, eine Trennung des Arbeitsfluids **G** an einer Wandoberfläche, die mit der ersten Biegungswandoberfläche **25a** verbunden ist, d.h. an der ersten Rückströmungswandoberfläche **27a**, die mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden ist, zu unterdrücken.

(Sich zurückziehende Oberfläche **211**)

[0073] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bis **Fig. 5** wird die sich zurückziehende Oberfläche **211** beschrieben werden.

[0074] Wie in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigt, weist die erste Diffusorwandoberfläche **210** gemäß einigen Ausführungsformen die sich zurückziehende Oberfläche **211** auf, die sich zurückzieht bzw. zurückverlagert (lehnt) in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition **P1** mit einem stromabwärtigen Ende **201b** einer ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche **201**, welche stromaufwärts der ersten Diffusorwandoberfläche **210** positioniert und mit der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verbunden ist, zu der radial äußeren Seite, in Bezug auf eine Tangente **Lt1** zu der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche **201** an dem stromabwärtigen Ende **201b** der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche **201**.

[0075] In einigen Ausführungsformen erhöht das Vorhandensein der sich zurückziehenden Oberfläche **211** die Breite des Diffusorkanals **23** stromabwärts (wenn sie sich dem Auslass des Diffusorkanals **23** annähert) an der Einlassseite des Diffusorkanals **23**. Das Vorhandensein der sich zurückziehenden Oberfläche **211** an der ersten Diffusorwandoberfläche **210** verringert die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das entlang der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** strömt. Folglich ist es möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** zu verringern, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** an der Auslassseite des Diffusorkanals **23** strömt. Da das in der Umgebung der ersten

Diffusorwandoberfläche **210** strömende Arbeitsfluid **G** an der Rückführbiegung **25** leicht wendet, ist es deshalb möglich eine Trennung des Arbeitsfluids **G** an der ersten Rückströmungswandoberfläche **27a** zu unterdrücken.

(Erste Außenwandoberfläche von erster Diffusorwandoberfläche **210**)

[0076] Wie in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigt, weist die erste Diffusorwandoberfläche gemäß einiger Ausführungsformen eine erste Außenwandoberfläche **213** auf, die an der radial äußeren Seite der sich zurückziehenden Oberfläche **211** positioniert ist.

[0077] Wie in **Fig. 4** gezeigt, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, befindet sich ein stromabwärtiges Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** auf einer Linie **L1**, die sich von einem stromaufwärtigen Ende **213a** der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt. In einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, kann sich das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** jedoch an einer Position befinden, die sich in Richtung der Nabenseite von der Linie **L1** zurückzieht (verschoben ist).

[0078] Außerdem ist die erste Außenwandoberfläche **213** derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ein Winkel θ_a zwischen der Linie **L1**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **213a** der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie **L2**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **213a** der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung des stromabwärtigen Endes **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** erstreckt, kleiner als ein Winkel θ_b zwischen einer Linie **L3**, die sich von einem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie **L4**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung eines stromabwärtigen Endes **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** erstreckt.

[0079] Mit dieser Ausgestaltung, obwohl die sich zurückziehende Oberfläche **211** in Richtung der axialen Richtung in Bezug auf die radiale Richtung geneigt ist, ist die Neigung der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung der axialen Richtung verglichen mit der sich zurückziehenden Oberfläche **211** kontrolliert. Somit ist das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo die Neigung der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung der axialen Richtung nicht kontrolliert ist. Dies ermöglicht eine Verringerung der Länge der Rotationswelle **1** des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100**, wobei somit das Auftreten einer Vibration der

Rotationswelle **1** unterdrückt wird. Da die Länge der Rotationswelle **1** des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** verringert ist, ist es ferner möglich eine Zunahme in axialer Abmessung des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** zu verhindern.

[0080] Bei einigen Ausführungsformen ist das stromaufwärtige Ende **213a** der ersten Außenwandoberfläche **213** mit dem stromabwärtigen Ende **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** verbunden.

[0081] Bei der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform ist die erste Außenwandoberfläche **213** derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** an einer Position befindet, die in Richtung der Spitzenseite von der Linie **L1** vorsteht, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **213a** der ersten Außenwandoberfläche **213** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt.

[0082] Mit dieser Ausgestaltung befindet sich das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** axial stromaufwärts der Linie **L1**. Somit ist das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo das stromabwärtige Ende **213b** der ersten Außenwandoberfläche **213** axial stromabwärts der Linie **L1** positioniert ist. Dies ermöglicht eine Verringerung der Länge der Rotationswelle **1** des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100**, wobei somit das Auftreten einer Vibration der Rotationswelle **1** unterdrückt wird. Da die Länge der Rotationswelle **1** des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** verringert ist, ist es ferner möglich eine Zunahme in axialer Abmessung des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** zu verhindern.

(Zweite Diffusorwandoberfläche **220**)

[0083] Wie in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigt, weist die zweite Diffusorwandoberfläche **220** gemäß einiger Ausführungsformen eine vorstehende Oberfläche **221** auf, die in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition **P2** mit einem stromabwärtigen Ende **203b** der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche **203**, welche stromaufwärts der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** positioniert und mit der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** verbunden ist, zu der radial äußeren Seite vorsteht, in Bezug auf eine Tangente **Lt2** zu der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche **203** an dem stromabwärtigen Ende **203b** der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche **203**.

[0084] Als ein Ergebnis intensiver Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die zweite Diffusorwandoberfläche **220** nicht die vorstehende Oberfläche **221** aufweist, sich der Strömungspfad-Querschnittsbereich in einem Auslassseitenbereich des Diffusorkanals **23**

relativ vergrößert, und die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** abnimmt, was eine Rückströmung des Arbeitsfluids **G** von der Rückführbiegung **25** verursachen kann.

[0085] Mit der obigen Ausgestaltung, da der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals **23** verringert ist verglichen mit dem Fall, wo die zweite Diffusorwandoberfläche **220** nicht die vorstehende Oberfläche **221** aufweist, ist es möglich eine Rückströmung des Arbeitsfluids **G** von der Rückführbiegung **25**, wie oben beschrieben, zu unterdrücken. Mit der obigen Ausgestaltung ist es ferner möglich, die Dicke von einer Grenzschicht, wo die Strömungsgeschwindigkeit aufgrund des Einflusses der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** verringert ist, in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** zu verringern.

[0086] Bei einigen Ausführungsformen, zum Beispiel wie in **Fig. 5** gezeigt, ist die zweite Diffusorwandoberfläche **220** derart angeordnet, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende **221b** der vorstehenden Oberfläche **221** an einer Position befindet, die in Richtung der Nabenseite von einer Linie **L5** vorsteht, die sich von einem stromaufwärtigen Ende **221a** der vorstehenden Oberfläche **221** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt. In einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, kann sich das stromabwärtige Ende **221b** der vorstehenden Oberfläche **221** jedoch auf der Linie **L5** befinden.

[0087] Außerdem kann die zweite Diffusorwandoberfläche **220** derart angeordnet sein, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ein Winkel θc zwischen der Linie **L5**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **221a** der vorstehenden Oberfläche **221** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie **L6**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **221a** der vorstehenden Oberfläche **221** in Richtung des stromabwärtigen Endes **211b** der vorstehenden Oberfläche **221** erstreckt, kleiner ist als der Winkel θb zwischen der Linie **L3**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie **L4**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung des stromabwärtigen Endes **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** erstreckt.

[0088] Mit dieser Ausgestaltung ist das stromabwärtige Ende **221b** der vorstehenden Oberfläche **221** weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo der Winkel θc zwischen der Linie **L5** und der Linie **L6** größer als der Winkel θb zwischen der Linie **L3** und der Linie **L4** ist. Dies verhindert, dass das stromabwärtige Ende **221b** der vorstehenden Ober-

fläche **221** übermäßig nah an die erste Diffusorwandoberfläche **210** kommt, wobei somit der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals **23** sichergestellt wird.

[0089] Zum Beispiel, wie in **Fig. 5** gezeigt, kann die zweite Diffusorwandoberfläche **220** eine zweite Außenwandoberfläche **223** aufweisen, die auf der radial äußeren Seite der vorstehenden Oberfläche **221** positioniert ist.

[0090] Die zweite Außenwandoberfläche kann derart angeordnet sein, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich das stromabwärtige Ende **223b** der zweiten Außenwandoberfläche **223** an einer Position befindet, die sich in Richtung der Spitzenseite von einer Linie **L7** zurückzieht, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **223a** der zweiten Außenwandoberfläche **223** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt.

[0091] Mit dieser Ausgestaltung ist das stromabwärtige Ende **223b** der zweiten Außenwandoberfläche **223** weiter axial stromaufwärts positioniert, verglichen mit dem Fall, wo das stromabwärtige Ende **223b** der zweiten Außenwandoberfläche **223** an einer Position positioniert ist, die in Richtung der Nabenseite von der Linie **L7** vorsteht, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **223a** der zweiten Außenwandoberfläche **223** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt. Dies verhindert, dass das stromabwärtige Ende **223b** der zweiten Außenwandoberfläche **223** übermäßig nah an die erste Diffusorwandoberfläche **210** kommt, wobei somit der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals **23** sichergestellt wird. Da der Strömungspfad-Querschnittsbereich des Diffusorkanals **23** wie oben beschrieben sichergestellt wird, ist es überdies unnötig, einen Bereich der ersten Diffusorwandoberfläche **210**, der dem stromabwärtigen Ende **223b** der zweiten Außenwandoberfläche **223** zugewandt ist, weiter axial stromabwärts als nötig anzuordnen. Somit ist es möglich die Länge der Rotationswelle **1** des mehrstufigen Zentrifugalcompressors **100** zu verringern.

[0092] Bei der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform, ist das stromaufwärtige Ende **223a** der zweiten Außenwandoberfläche **223** mit dem stromabwärtigen Ende **221b** der vorstehenden Oberfläche **221** verbunden.

[0093] Wie in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigt, ist bei einigen Ausführungsformen der Winkel θc zwischen der Linie **L5**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **221a** der vorstehenden Oberfläche **221** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie **L6**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **221a** der vorstehenden Oberfläche **221** in Richtung des stromabwärtigen Endes **221b** der vorstehenden Oberfläche **221** erstreckt, kleiner als der Winkel θb zwischen

der Linie **L3**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie **L4**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung des stromabwärtigen Endes **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** erstreckt.

[0094] Mit dieser Ausgestaltung, da der Abstand zu der vorstehenden Oberfläche **221** von dem stromaufwärtigen Ende **211a** zu dem stromabwärtigen Ende **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** zunimmt, ist es möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids zu verringern, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt.

[0095] Bei einigen oben beschriebenen Ausführungsformen ist die Länge L_e der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in der radialen Richtung mehr als 5% und gleich oder weniger als 20% der Länge L_d der ersten Diffusorwandoberfläche in der radialen Richtung.

[0096] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die Länge L_e der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in der radialen Richtung gleich oder weniger als 5% der Länge L_d der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in der radialen Richtung ist, der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt, verringert ist. Durch Festlegen der Länge L_e auf mehr als 5% der Länge L_d ist es folglich möglich, die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt, effektiv zu verringern.

[0097] Unterdes, da die Länge L_e der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in der radialen Richtung zunimmt, zusätzlich dazu, dass der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** zunimmt, nimmt die Länge der Rotationswelle **1** zu, da das stromabwärtige Ende **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** axial stromabwärts positioniert ist. Deshalb kann eine Vibration der Rotationswelle **1** leicht auftreten.

[0098] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn die Länge L_e der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in der radialen Richtung gleich oder weniger als 20% der Länge L_d der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in der radialen Richtung ist, eine Vibration der Rotationswelle **1** unterdrückt wird, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** soviel wie

möglich sichergestellt wird. Durch Festlegen der Länge L_e auf gleich oder weniger als 20% der Länge L_d ist es folglich möglich eine Vibration der Rotationswelle **1** zu unterdrücken, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** soviel wie möglich sichergestellt wird.

[0099] Die Länge L_f der vorstehenden Oberfläche **221** in der radialen Richtung ist kürzer als die Länge L_e der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in der radialen Richtung.

[0100] Bei einigen in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen, ist der Winkel θ_b zwischen der Linie **L3**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und der Linie **L4**, die sich von dem stromaufwärtigen Ende **211a** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** in Richtung des stromabwärtigen Endes **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** erstreckt, mehr als 5° und weniger als 10°.

[0101] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn der Winkel θ_b gleich oder weniger als 5° ist, der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt, verringert ist. Durch Festlegen des Winkels θ_b auf mehr als 5° ist es folglich möglich die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G**, das in der Umgebung der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in dem Einlassseitenbereich des Diffusorkanals **23** strömt, effektiv zu verringern.

[0102] Unterdes, wenn sich der Winkel θ_b vergrößert, zusätzlich dazu, dass der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** zunimmt, kann die Länge der Rotationswelle **1** zunehmen, da das stromabwärtige Ende **211b** der sich zurückziehenden Oberfläche **211** axial stromabwärts positioniert ist. Deshalb kann eine Vibration der Rotationswelle **1** leicht auftreten.

[0103] Als ein Ergebnis von intensiven Untersuchungen durch die gegenwärtigen Erfinder wurde herausgefunden, dass wenn der Winkel θ_b weniger als 10° ist, eine Vibration der Rotationswelle **1** unterdrückt wird, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** soviel wie möglich sichergestellt wird. Durch Festlegen des Winkels θ_b auf weniger als 10° ist es folglich möglich, eine Vibration der Rotationswelle **1** zu unterdrücken, während der Effekt des Verringerns der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** soviel wie möglich sichergestellt wird.

[0104] Bei einigen in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen, wenn ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche **210** und der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** an einem Einlassseitenende **23a** des Diffusorkanals **23** 100% ist, ist ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche **210** und der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** an einem Auslassseitenende **23b** des Diffusorkanals **23** gleich oder mehr als 90% und gleich oder weniger als 110%.

der ersten Diffusorwandoberfläche **210** und der zweiten Diffusorwandoberfläche **220**, die in **Fig. 5** gezeigt sind.

[0105] Wenn der Abstand an dem Auslassseitenende **23b** weniger als 90% ist, basierend auf 100% an dem Einlassseitenende **23a** des Diffusorkanals **23**, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit in dem Diffusorkanal **23** nicht ausreichend ab, was in einer Zunahme des Druckverlusts und einer Verringerung der Effizienz des mehrstufigen Zentrifugalkompressors **100** resultiert. Durch Festlegen des Abstands an dem Auslassseitenende **23b** auf gleich oder mehr als 90%, ist es folglich möglich die Verringerung der Effizienz des Zentrifugalkompressors zu unterdrücken. Unterdes, wenn der Abstand an dem Auslassseitenende **23b** mehr als 110% ist, nimmt der Strömungspfad-Querschnittsbereich in dem Auslassseitenbereich des Diffusorkanals **23** relativ zu, und, wie oben beschrieben, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsfluids **G** in der Umgebung der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** ab, was eine Rückströmung des Arbeitsfluids **G** von der Rückführbiegung **25** verursachen kann. Durch Festlegen des Abstands an dem Auslassseitenende **23b** auf gleich oder weniger als 110%, ist es folglich möglich eine Rückströmung des Arbeitsfluids von der Rückführbiegung **25** zu unterdrücken.

[0106] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern umfasst Modifikationen an den oben beschriebenen Ausführungsformen, und Ausführungsformen, die aus Kombinationen jener Ausführungsformen gebildet sind.

[0107] Zum Beispiel kann der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** die Merkmale der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform aufweisen, und die Merkmale der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** in der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform. Der mehrstufige Zentrifugalkompressor **100** kann die Merkmale der zweiten Diffusorwandoberfläche **220** in der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform aufweisen, und die Merkmale der ersten Diffusorwandoberfläche **210** in der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform.

[0108] Ferner kann zum Beispiel der Diffusorkanal **23** des Laufrads **4** in der zweiten oder späteren Stufe die Merkmale der ersten Diffusorwandoberfläche **210** und der zweiten Diffusorwandoberfläche **220**, die in **Fig. 4** gezeigt sind, aufweisen, oder die Merkmale

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2018173020 A [0004]

Patentansprüche

1. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor, mit:
 mehreren Stufen von Laufrädern, die in einer axialen Richtung angeordnet sind;
 einem Gehäuse, das die Laufräder umgibt; und
 einem Diffusorkanal zum Leiten eines von den Laufrädern abgelassenen Arbeitsfluids nach außen in eine radiale Richtung,
 wobei, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, eine erste Diffusorwandoberfläche an einer Nabenseite von einem Paar von Diffusorwandoberflächen, die in der axialen Richtung über den Diffusorkanal gegenüberliegend sind, eine sich zurückziehende Oberfläche aufweist, die sich in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition mit einem stromabwärtigen Ende einer ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche zu einer radial äußeren Seite in Bezug auf eine tangentielle Richtung der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche an dem stromabwärtigen Ende der ersten stromaufwärtigen Wandoberfläche zurückzieht, wobei die erste stromaufwärtige Wandoberfläche stromaufwärts von der ersten Diffusorwandoberfläche positioniert und mit der ersten Diffusorwandoberfläche verbunden ist.

2. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach Anspruch 1,
 wobei die erste Diffusorwandoberfläche eine erste Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite der sich zurückziehenden Oberfläche positioniert aufweist, und
 wobei die erste Außenwandoberfläche derart angeordnet ist, dass
 in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der ersten Außenwandoberfläche auf einer Linie befindet, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, oder an einer Position, die sich in Richtung der Nabenseite von der Linie zurückzieht, und
 in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ein Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der ersten Außenwandoberfläche erstreckt, kleiner ist als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

3. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach Anspruch 1,

wobei die erste Diffusorwandoberfläche eine erste Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite der sich zurückziehenden Oberfläche positioniert aufweist, und

wobei die erste Außenwandoberfläche derart angeordnet ist, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der ersten Außenwandoberfläche an einer Position befindet, die in Richtung einer Spitzenseite von einer Linie vorsteht, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der ersten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt.

4. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine zweite Diffusorwandoberfläche an einer Spitzenseite des Paares von Diffusorwandoberflächen eine vorstehende Oberfläche aufweist, die in Richtung der Nabenseite von einer Verbindungsposition mit einem stromabwärtigen Ende von einer zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche zu der radial äußeren Seite in Bezug auf eine tangentielle Richtung der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche an dem stromabwärtigen Ende der zweiten stromaufwärtigen Wandoberfläche vorsteht, wobei die zweite stromaufwärtige Wandoberfläche stromaufwärts von der zweiten Diffusorwandoberfläche positioniert und mit der zweiten Diffusorwandoberfläche verbunden ist.

5. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach Anspruch 4,
 wobei die zweite Diffusorwandoberfläche an der Spitzenseite derart angeordnet ist, dass
 in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der vorstehenden Oberfläche auf einer Linie befindet, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, oder an einer Position, die in Richtung der Nabenseite von der Linie vorsteht, und
 in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, ein Winkel zwischen der Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung des stromabwärtigen Endes der vorstehenden Oberfläche erstreckt, kleiner ist als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

6. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach Anspruch 5,
 wobei die zweite Diffusorwandoberfläche eine zweite Außenwandoberfläche an der radial äußeren Seite

te der vorstehenden Oberfläche positioniert aufweist, und

wobei die zweite Außenwandoberfläche derart angeordnet ist, dass, in einem Querschnitt entlang der axialen Richtung, sich ein stromabwärtiges Ende der zweiten Außenwandoberfläche an einer Position befindet, die sich in Richtung der Spitzenseite von einer Linie zurückzieht, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der zweiten Außenwandoberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt.

7. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der vorstehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der vorstehenden Oberfläche erstreckt, kleiner ist als ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt.

8. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine Länge der sich zurückziehenden Oberfläche in der radialen Richtung mehr als 5% und gleich oder weniger als 20% von einer Länge der ersten Diffusorwandoberfläche in der radialen Richtung ist.

9. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein Winkel zwischen einer Linie, die sich von einem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung der radial äußeren Seite erstreckt, und einer Linie, die sich von dem stromaufwärtigen Ende der sich zurückziehenden Oberfläche in Richtung eines stromabwärtigen Endes der sich zurückziehenden Oberfläche erstreckt, mehr als 5° und weniger als 10° ist.

10. Mehrstufiger Zentrifugalkompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei, wenn ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche an der Nabenseite und einer zweiten Diffusorwandoberfläche an einer Spitzenseite des Paares von Diffusorwandoberflächen an einem Einlasseitenende des Diffusorkanals 100% ist, ein Abstand zwischen der ersten Diffusorwandoberfläche und der zweiten Diffusorwandoberfläche an einem Auslasseitenende des Diffusorkanals gleich oder mehr als 90% und gleich oder weniger als 110% ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

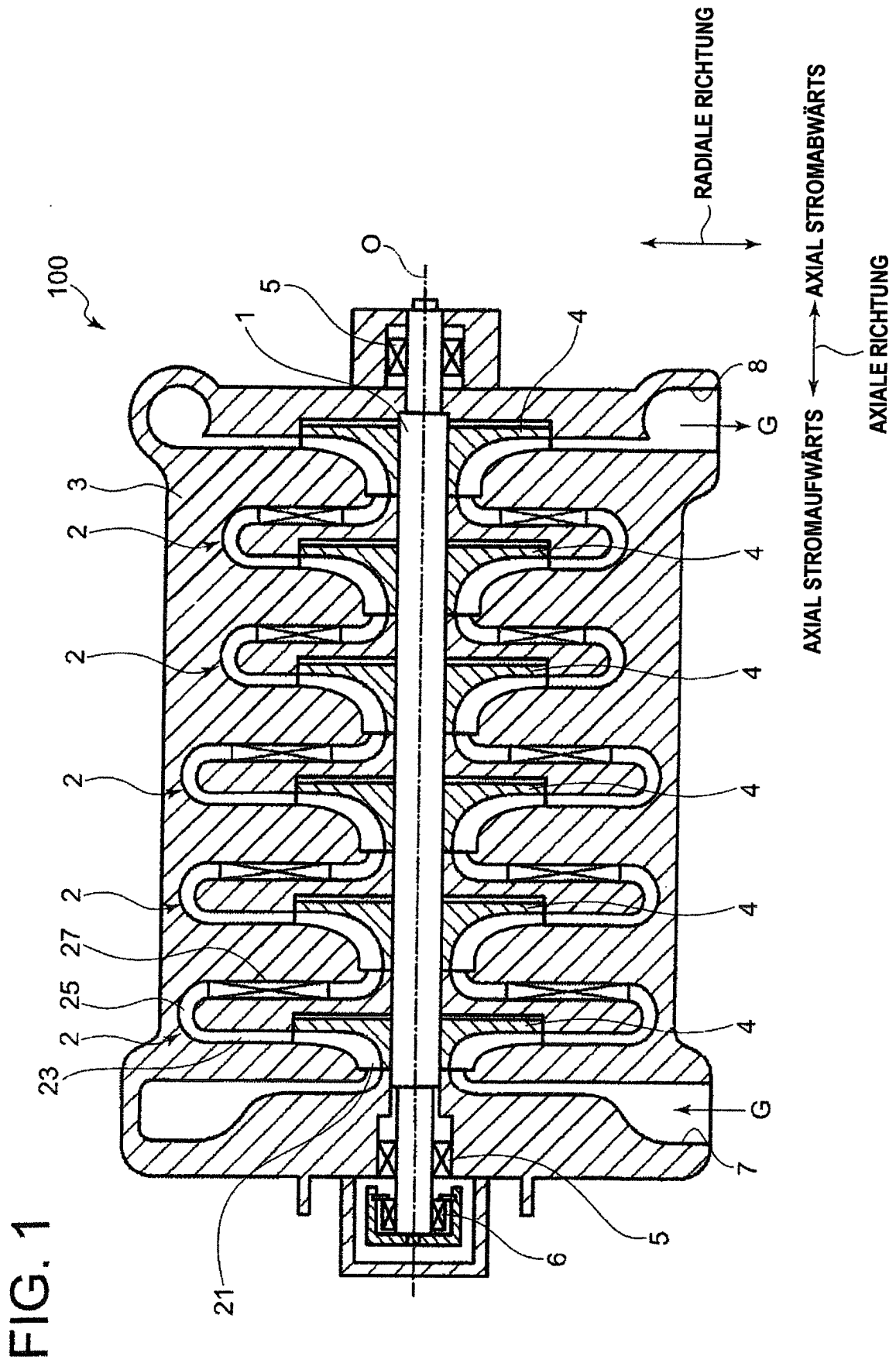


FIG. 3

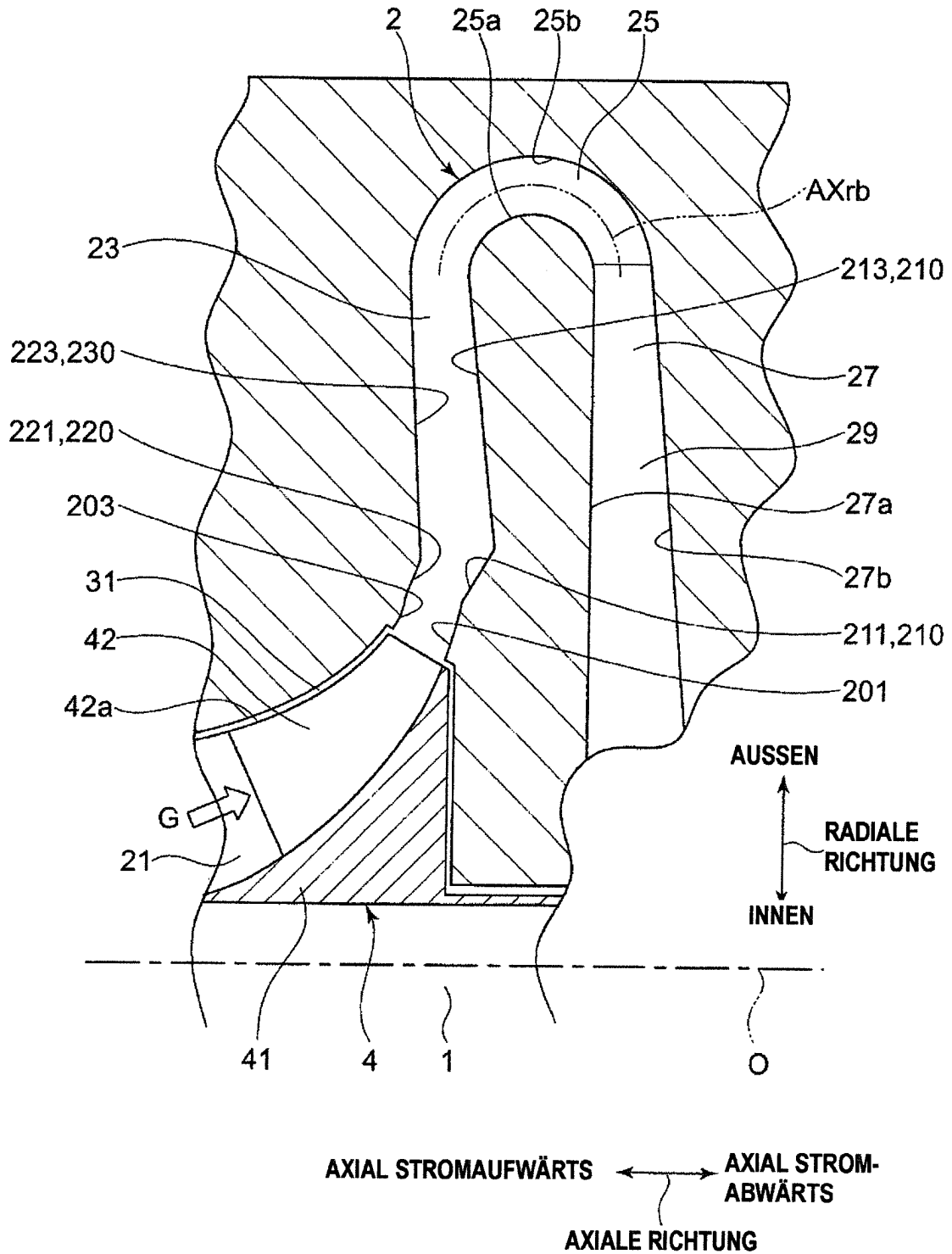


FIG. 4

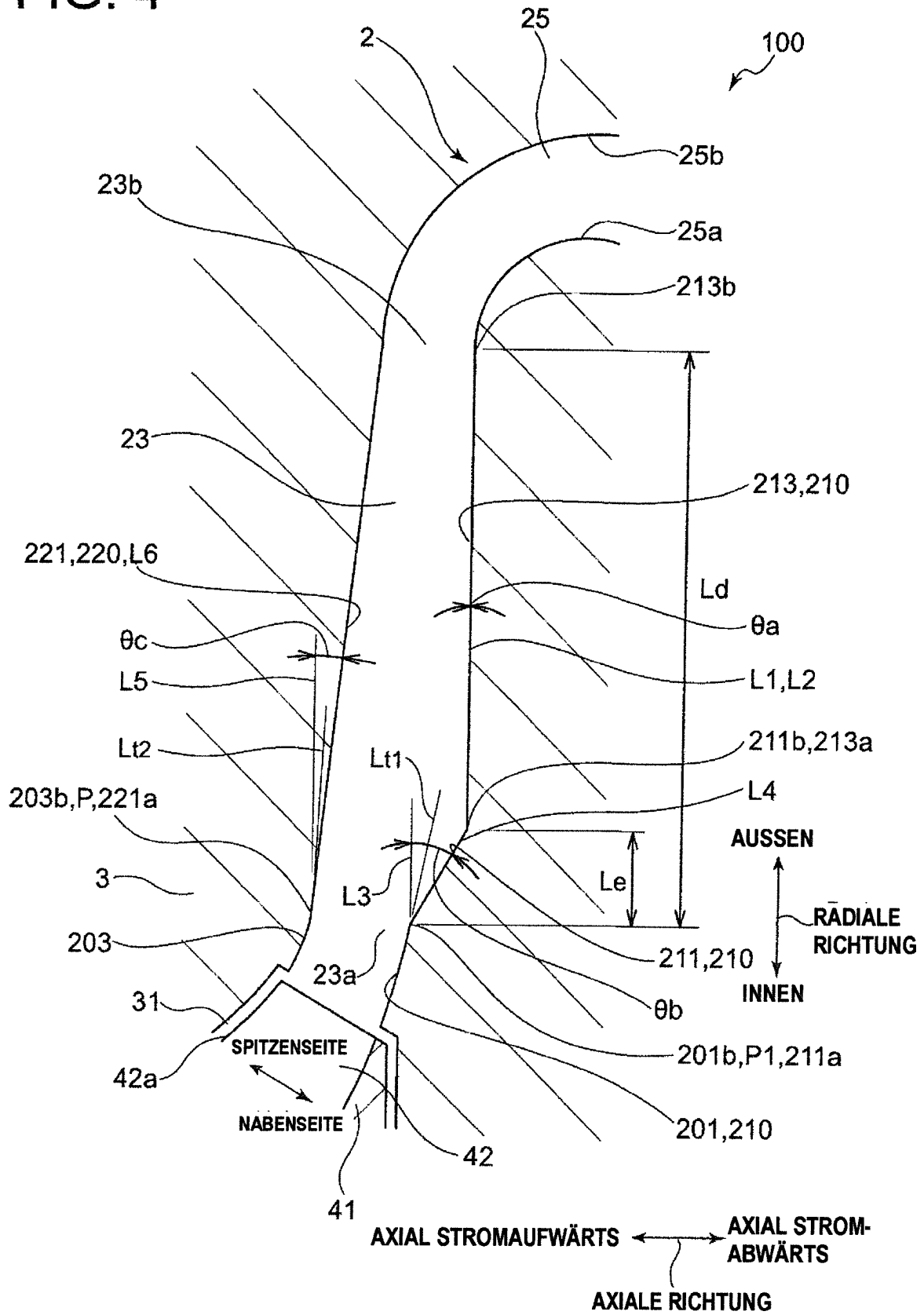


FIG. 5

