

(19)



(11)

**EP 3 167 195 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**11.07.2018 Patentblatt 2018/28**

(51) Int Cl.:  
**F04D 17/12** <sup>(2006.01)</sup>      **F04D 29/44** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04D 29/68** <sup>(2006.01)</sup>      **F01D 5/14** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **15774561.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/072208**

(22) Anmeldetag: **28.09.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2016/050669 (07.04.2016 Gazette 2016/14)**

(54) **RÜCKFÜHRSTUFE EINES MEHRSTUFIGEN TURBOVERDICHTERS ODER TURBOEXPANDERS MIT RAUEN WANDOBERFLÄCHEN**

RETURN CHANNEL OF A MULTISTAGE TURBOCOMPRESSOR OR TURBOEXPANDER WITH ROUGH WALL SURFACES

CANAL DE RETOUR D'UN TURBOCOMPRESSEUR OU TURBODÉTENDEUR À PLUSIEURS ÉTAGES AVEC PAROIS RUGUEUSES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

(30) Priorität: **30.09.2014 DE 102014219821**

(72) Erfinder: **KÖNIG, Sven**  
**54295 Trier (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**17.05.2017 Patentblatt 2017/20**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 953 340 DE-T2- 60 320 519**  
**US-A- 2 419 669**

**EP 3 167 195 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Bei Radialturbofluidenergiemaschinen, insbesondere bei radialen Turboverdichtern wird Prozessfluid von einem Impeller oder Laufrad axial angesaugt und radial beschleunigt ausgegeben. Bei einer mehrstufigen Bauweise übernimmt eine sogenannte Rückführstufe die Zuführung des stromaufwärts von dem Impeller ausgegebenen Prozessfluids zu einem weiter stromabwärts gelegenen weiteren Laufrad. Hierbei hat diese Rückführstufe nicht nur die Funktion, das Prozessfluid aus der Strömungsrichtung nach radial außen umzulenken in eine axiale Strömungsrichtung und dem weiteren Laufrad zuzuführen, sondern auch zumindest abschnittsweise die Strömung des Prozessfluids zu verzögern und auf diese Weise nach Bernulli den Druck zu erhöhen. Die Rückführstufe wird hierbei gleichzeitig regelmäßig als Diffusor in einem nach radial außen gerichteten Strömungspfad und auch als Konfusor in einem radial nach innen gerichteten Strömungspfad bei der Zuleitung des Prozessfluids zu dem weiteren Laufrad ausgebildet. Die Rückführstufe ist relativ zu den Laufrädern unbewegt und regelmäßig verändern in der Rückführstufe vorgesehene Leitschaufeln den Drall und damit die Strömungsrichtung des Prozessfluids zur Vorbereitung auf den nachfolgenden Eintritt in die nachfolgende Verdichtung. Diese anspruchsvolle aerodynamische Aufgabe der Rückführstufe erfordert eine sorgfältige strömungstechnische Gestaltung zur Minimierung von Druckverlusten und zur Wirkungsgradoptimierung. Dennoch entstehen bei der Durchströmung von radialen Diffusoren und Konfusoren der Rückführstufe an den strömungsbenetzten Oberflächen reibungsbedingte und dem Grunde nach unvermeidbare Druckverluste, die den Wirkungsgrad der Turbomaschine reduzieren. Bei gegebenen Betriebsbedingungen hinsichtlich Gasart, Druck und Temperatur, sind die lokalen reibungsbedingten Druckverluste abhängig von der lokalen Strömungsgeschwindigkeit sowie der lokalen Rauheit oder Rauigkeit der strömungsbenetzten Oberfläche. In der Regel treten große Druckverluste dort auf, wo die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten und gleichzeitig die lokalen Rauheiten der überströmten Oberflächen groß sind.

**[0002]** Aus der EP 1 433 960 B1 ist es bereits bekannt, die strömungsführenden Bauteile mittels einer Polierbearbeitung soweit zu glätten, dass der Gesamtwirkungsgrad des Verdichters sich erhöht. Üblicherweise wird für die strömungsbenetzten Oberflächen im radialen Diffusor oder Konfusor eine einheitliche maximale Rauheit (z. B. RZ12) gefordert, insbesondere dann, wenn diese Oberflächen aus einem Bauteil beziehungsweise in einem Fertigungsgang hergestellt werden. Dieses auch in der EP 1 433 960 B1 vorgeschlagenen Vorgehen beschert zusätzlichen Arbeitsaufwand und führt zu erheblichen Mehrkosten.

**[0003]** Aus den DE 603 20 519 T2, US 2 419 669 A, EP 1 953 340 A2 sind bereits verschiedene Oberflächenbehandlungen, insbesondere Glättungen, für Oberflächen

von Turbomaschinenkomponenten bekannt.

**[0004]** Die Erfindung hat es sich ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik zur Aufgabe gemacht, die Oberfläche der strömungsführenden Bereiche der Rückführstufe derart zu gestalten, dass gegenüber den bekannten Lösungen ein reduzierter oder gegebenenfalls gleichbleibender Herstellungsaufwand bei gleichzeitig verbessertem Wirkungsgrad des Turboverdichters.

**[0005]** Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe wird eine Rückführstufe der eingangs definierten Art mit den zusätzlichen Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Die jeweils rückbezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0006]** Begriffe, wie axial, tangential, radial oder Umfangsrichtung beziehen sich stets - wenn nicht anders angegeben - auf eine Rotationsachse des radialen Turboverdichters. Bei der erfindungsgemäßen Rückführstufe handelt es sich um ein sich ringförmig um die Rotationsachse erstreckendes Bauteil. Dieses Bauteil kann in Umfangsrichtung geteilt oder ungeteilt ausgebildet sein. Bevorzugt ist eine in Umfangsrichtung geteilte Ausbildung vorgesehen, damit eine Teilfuge der Rückführstufe oder der Rückführstufen entsteht, die ein Trennen des Rotors ohne ein Zerlegen des Rotors bei geteilter Rückführstufe ermöglicht. Grundsätzlich ist auch eine in Umfangsrichtung ungeteilte Ausbildung der Rückführstufe denkbar, insbesondere bei einem axial zerlegbaren Rotor.

**[0007]** Im Zusammenhang dieser Erfindung bedeutet Rauheit stets - wenn nicht anders angegeben - die Mittlere Rautiefe Rz in [µm] nach DIN EN ISO 4287:1998.

**[0008]** Die Rückführstufe ist in der Regel axial geteilt ausgebildet, wobei ein Schaufelboden den radial nach außen geführten Ast des Strömungskanals von einem radial nach innen geführten Ast stromabwärts der 180°-Umlenkung der Strömung trennt und dieser Schaufelboden an einen Zwischenboden der Rückführstufe angebracht ist, wobei der Zwischenboden einerseits der Strömungsführung in der Rückführstufe dient und andererseits der Befestigung der Rückführstufe an den sonstigen Bauelementen des Turboverdichters, beispielsweise an einem Innengehäuse oder an einem ein Innenbündel des Turboverdichters zusammenfassenden Träger.

**[0009]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass sich der Strömungskanal der Rückführstufe gedanklich in die folgenden Abschnitte aufgliedern lässt.

**[0010]** Ein erster Abschnitt erstreckt sich radial und weist eine radiale Öffnung zu einem stromaufwärts angeordneten Impeller an einem ersten Ende des ersten Abschnitts auf.

**[0011]** Ein zweiter Abschnitt grenzt mit einem ersten Ende des zweiten Abschnitts an dem zweiten Ende des - im Falle des Turboverdichters stromaufwärts angeordneten - ersten Abschnitts an und die Strömung wird um etwa 180° von einer Radialrichtung in die entgegenge-

setzte Radialrichtung umgelenkt.

**[0012]** Ein dritter Abschnitt, der im Wesentlichen radial verläuft, grenzt mit einem ersten Ende an einem - im Falle des Turboverdichters stromaufwärts angeordneten - zweiten Ende des zweiten Abschnitts an.

**[0013]** Ein vierter Abschnitt grenzt radial mit einem ersten Ende des vierten Abschnitts radial an einem zweiten Ende des - im Falle des Turboverdichters stromaufwärts angeordneten - dritten Abschnitts an. Der vierte Abschnitt lenkt die Strömung um etwa 90° in axiale Richtung um und mit einem zweiten Ende des vierten Abschnitts weist er eine axiale Öffnung zu dem zweiten stromabwärts angeordneten Impeller auf.

**[0014]** In diesen Abschnitten sind bevorzugt nach der Erfindung die rauen Bereiche an verschiedenen Positionen, im Folgenden im Einzelnen angegeben, vorgesehen.

**[0015]** Bevorzugt ist ein erster rauer Bereich im ersten Abschnitt auf derjenigen axialen Begrenzungsfläche angeordnet, die axial von dem dritten Abschnitt weiter entfernt ist als die andere axiale Begrenzungsfläche.

**[0016]** Bevorzugt ist ein zweiter rauer Bereich auf der radial inneren Begrenzungsfläche des zweiten Abschnitts beginnend an dem zweiten Ende des zweiten Abschnitts sich zwischen 30% bis 70% der Erstreckung entlang des Strömungskanals sich erstreckend angeordnet.

**[0017]** Bevorzugt ist ein dritter rauer Bereich direkt an den zweiten rauen Bereich im dritten Abschnitt angrenzend und sich zwischen 5% bis 40% entlang des Strömungskanals erstreckend vorgesehen.

**[0018]** Bevorzugt befindet sich ein vierter rauer Bereich im vierten Abschnitt auf der radial äußeren Begrenzungsfläche.

**[0019]** Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die rauen Bereiche sich jeweils über den gesamten Umfang des Strömungskanals erstrecken.

**[0020]** Wenn die Radialturbofluidenergiemaschine ein Turboverdichter ist, durchströmt ein Prozessfluid die Abschnitte in der Reihenfolge erster Abschnitt, zweiter Abschnitt, dritter Abschnitt, vierter Abschnitt.

**[0021]** Wenn die Radialturbofluidenergiemaschine ein Turboexpander ist durchströmt ein Prozessfluid die Abschnitte in der Reihenfolge vierter Abschnitt, dritter Abschnitt, zweiter Abschnitt, erster Abschnitt.

**[0022]** Sinnvoll kann der erste Abschnitt des Strömungskanals Leitschaufeln aufweisen, um die Strömung auf die stromabwärts gegebenen Bedingungen auszurichten.

**[0023]** Zweckmäßig weisen die rauen Bereiche eine mittlere Rauheit  $20\mu\text{m} < R_z$ , besonders bevorzugt  $30\mu\text{m} < R_z$  auf.

**[0024]** Bevorzugt weisen die nicht rauen Bereiche eine mittlere Rauheit  $20\mu\text{m} > R_z$ , besonders bevorzugt  $10\mu\text{m} > R_z$  auf.

**[0025]** In den Fällen, wo die lokale Strömungsgeschwindigkeit nicht sinnvoll an eine gegebene lokale

Oberflächen- Rauheit angepasst werden kann, um die reibungsbedingten Druckverluste möglichst klein zu halten, soll nach der Erfindung umgekehrt die lokale Oberflächenrauigkeit an die lokale Strömungsgeschwindigkeit angepasst werden. Die Bereichs-spezifische Rauheit der Oberfläche nach der Erfindung sieht vor, dass im Bereich hoher Strömungsgeschwindigkeiten die strömungsbenetzte Oberfläche mit kleinerer Rauheit ausgeführt wird als im Bereich kleinerer Strömungsgeschwindigkeiten.

**[0026]** Eine bevorzugte Anwendung der Erfindung sieht vor, dass die Rückführstufe einen beschaukelten radialen Diffusor oder im Fall der Radialturbine einen beschaukelten radialen Konfusor aufweist.

**[0027]** Eine andere bevorzugte Anwendung der Erfindung sieht vor, dass die Rückführstufe einen schaufellosen radialen Diffusor oder im Fall der Radialturbine einen schaufellosen radialen Konfusor aufweist.

**[0028]** Das Geschwindigkeitsniveau im radialen Diffusor beziehungsweise im radialen Konfusor ist am Ringrauminnendurchmesser - also am Laufradaußendurchmesser - am höchsten und nimmt mit zunehmendem Radius - also nach außen hin - ab. Gleichzeitig wird die strömungsbenetzte zu bearbeitende Oberfläche der Ringraumwände mit dem Radius größer. Durch das erfindungsgemäß bereichsweise Anpassen der Rauheit an das lokale Strömungsgeschwindigkeitsniveau der strömungsbenetzten Oberflächen in radialen Diffusoren und Konfusoren werden die reibungsbedingten Druckverluste reduziert, ohne notwendigerweise die Herstellkosten der Bauteile zu erhöhen. Dies ist insbesondere deswegen erreicht, weil dem erhöhten Aufwand einer kleineren Rauheit auf kleiner Fläche im Bereich hoher Strömungsgeschwindigkeiten ein verringerter Aufwand mit größerer zulässiger Rauheit auf großer Fläche im Bereich kleinerer Strömungsgeschwindigkeiten gegenübersteht.

**[0029]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Längsschnitts durch einen Turboverdichter gemäß der Erfindung.

**[0030]** Figur 1 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch eine Rückführstufe RS von einem ersten Impeller IMP1 zu einem zweiten Impeller IMP2 eines Turboverdichters TCO.

**[0031]** Die beiden Impeller IMP1, IMP2 sind Bestandteile eines Rotors R, wobei die Impeller IMP1, IMP2 kraftschlüssig auf einer sich entlang einer Achse X erstreckenden Welle SH angebracht sind. Der Rotor R ist von strömungsführenden stehenden Bauteilen umgeben, von denen hier eine Rückführstufe RS dargestellt ist. Eine mehrstufige Turbomaschine umfasst in der Regel mehrere Rückführstufen RS, die in Strömungsrichtung betrachtet von einem ersten Impeller IMP1, der im Falle des Turboverdichters TCO ein Prozessfluid PF axial an-

saugt und radial ausgibt, das Prozessfluid PF im Anschluss an eine radiale Diffusorstrecke um 180° umlenkt und zurück nach radial innen führt und anschließend in axiale Richtung umlenkt, um das Prozessfluid PF dem zweiten stromabwärts gelegenen Impeller IMP2 zuzuführen.

**[0032]** Die Rückführstufe umfasst in der Regel einen Schaufelboden SB und einem Zwischenboden ZB, die mittels Leitschaufeln V einen Strömungskanal zwischen sich ausbildend fest miteinander verbunden sind. In der Regel sind die Rückführstufen RS in Umfangsrichtung geteilt ausgebildet, so dass eine Teilung der Rückführstufe in einer Teilfuge die Entnahme des Rotors aus der Struktur der Rückführstufen ermöglicht. Der Rotor wird bei der Montage radial eingelegt beziehungsweise bei der Demontage radial enthoben.

**[0033]** Die Rückführstufen RS weisen zu dem Rotor R an verschiedenen Stellen Wellendichtungen SHS auf, die den ungenutzten Abbau von Druckdifferenzen beziehungsweise Beipassströmungen im Betrieb verhindern sollen.

**[0034]** Der von dem ersten Impeller IMP1 zu dem zweiten Impeller IMP2 sich erstreckende Strömungskanal CH ist zum Zwecke der Definition der Erfindung gedanklich in vier aufeinanderfolgende, im Falle des Turboverdichters TCO in Strömungsrichtung hintereinander angeordnete, Abschnitte S1, S2, S3, S4 untergliedert. Im Falle des Turboexpanders ist die Nummerierung dieser Abschnitte S1-S4 entgegen der Strömungsrichtung. Der erste Abschnitt S1 erstreckt sich im Wesentlichen radial und weist eine radiale Öffnung zu dem ersten Impeller IMP1 an einem ersten Ende S1E1 des ersten Abschnittes S1 auf. Der zweite Abschnitt S2 grenzt mit einem ersten Ende S2E1 des zweiten Abschnitts S2 an einem zweiten Ende S1E2 des ersten Abschnitts S1 an und lenkt die Strömung durch den Kanal CH um etwa 180° von einer Radialrichtung in die entgegengesetzte Radialrichtung um. Im Falle des Turboverdichters TCO wird die Strömung von radial nach außen gerichtet umgelenkt in eine Richtung nach radial innen. An dem zweiten Abschnitt S2 schließt sich der dritte Abschnitt S3 mit einem ersten Ende S3E1 des dritten Abschnitts S3 angrenzend an dem zweiten Ende S2E2 des zweiten Abschnitts S2 an. Dieser Abschnitt verläuft im Wesentlichen radial und führt im Falle des Turboverdichters TCO die Strömung von radial weiter außen nach radial weiter innen. Der vierte Abschnitt grenzt radial mit einem ersten Ende S4E1 des vierten Abschnitts S4 radial an einem zweiten Ende S3E2 des dritten Abschnitts S3 an und lenkt die Strömung um etwa 90° in Richtung des zweiten Impellers IMP2 um. Ein zweites Ende S4E2 des vierten Abschnitts S4 grenzt an den zweiten Impeller IMP2 an.

**[0035]** Ein erster rauer Bereich RZ1 befindet sich im ersten Abschnitt S1 auf derjenigen axialen Begrenzungsfläche, die axial von dem dritten Abschnitt S3 weiter entfernt ist als die andere axiale Begrenzungsfläche. Ein zweiter rauer Bereich RZ2 befindet sich auf der radial inneren Begrenzungsfläche des zweiten Abschnitts

S2 beginnend an dem zweiten Ende S2E2 des zweiten Abschnitts S2. Dieser zweite rauer Bereich RZ2 erstreckt sich zwischen 30%-70% der Erstreckung entlang des Strömungskanals des zweiten Abschnitts S2.

5 Ein dritter rauer Bereich RZ3 grenzt direkt an dem zweiten rauen Bereich RZ2 im dritten Abschnitt S3 an und erstreckt sich zwischen 5%-40% entlang des Strömungskanals CH im dritten Abschnitt S3.

10 Ein vierter rauer Bereich RZ4 erstreckt sich im vierten Abschnitt S4 auf der radial äußeren Begrenzungsfläche.

**[0036]** Grundsätzlich ist es denkbar, dass von den vier rauen Bereichen RZ1-RZ4 nicht alle oder nur ein einziger rauer Bereich zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Turbomaschine TCO vorgesehen ist. Der höchste Wirkungsgradgewinn wird durch die vollständige Implementierung der rauen Bereiche RZ1-RZ4 nach der Erfindung und gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 erreicht. Grundsätzlich ist es denkbar, dass von den Begrenzungsflächen SFA des Strömungskanals CH die rauen Bereiche RZ1-RZ3 extra aufgeraut gestaltet sind oder die sonstigen Bereiche der Begrenzungsfläche SFA gegenüber den rauen Bereichen RZ1-RZ4 mit einer niedrigeren Oberflächenrauigkeit versehen werden, beispielsweise mittels Polierens. Daneben ist es auch denkbar, dass sowohl ein Aufrauen der rauen Bereiche RZ1-RZ4 und ein Polieren der sonstigen Begrenzungsflächen SFA vorgesehen wird, um den erfindungsmäßigen Effekt zu erzielen.

30

#### Patentansprüche

- 35 1. Rückführstufe (RS) einer radialen Turbofluidenergiemaschine, insbesondere eines radialen Turboverdichters (TCO), mit einer Rotationsachse (X), die Rückführstufe (RS) umfassend einen ringförmigen Strömungskanal (CH) zur Zuleitung eines strömenden Prozessfluids (PF) von einer Strömungsöffnung eines ersten Impellers (IMP1) zu einer Strömungsöffnung eines stromabwärts angeordneten zweiten Impellers (IMP2), **dadurch gekennzeichnet, dass**

40 der Strömungskanal (CH) von Begrenzungsflächenbereichen (SFA) definiert ist, von denen mindestens ein bestimmter sich in Umfangsrichtung erstreckender rauer Bereich eine gegenüber den sonstigen Bereichen erhöhte Oberflächenrauigkeit (RZ) aufweist.
- 45 2. Rückführstufe (RS) nach Anspruch 1, wobei der Strömungskanal (CH) einen ersten Abschnitt (S1) aufweist, der sich radial erstreckt und eine radiale Öffnung zu einem Impeller (IMP) an einem ersten Ende (S1E1) des ersten Abschnitts (S1) aufweist.
- 50 3. Rückführstufe (RS) nach Anspruch 2, wobei der Strömungskanal (CH) einen zweiten Abschnitt (S2)

- aufweist, der mit einem ersten Ende (S2E1) des zweiten Abschnitts (S2) an einem zweiten Ende (S1E2) des ersten Abschnitts (S1) angrenzt und die Strömung um etwa 180° von einer Radialrichtung in die entgegengesetzte Radialrichtung umlenkt.
4. Rückführstufe (RS) nach Anspruch 3, wobei der Strömungskanal (CH) einen dritten Abschnitt (S3) aufweist, der im Wesentlichen radial verläuft und mit einem ersten Ende (S3E1) des dritten Abschnitts (S3) an einem zweiten Ende (S2E2) des zweiten Abschnitts (S2) angrenzt.
5. Rückführstufe (RS) nach Anspruch 4, wobei der Strömungskanal (CH) einen vierten Abschnitt (S4) aufweist, der radial mit einem ersten Ende (S4E1) des vierten Abschnitts (S4) radial an einem zweiten Ende (S3E2) des dritten Abschnitts (S3) angrenzt und die Strömung um etwa 90° umlenkt und mit einem zweiten Ende (S4E2) des vierten Abschnitts (S4) eine axiale Öffnung zu dem zweiten Impeller (IMP2) aufweist.
6. Rückführstufe (RS) nach Anspruch 2, wobei ein erster rauer Bereich (RZ1) im ersten Abschnitt (S1) auf derjenigen axialen Begrenzungsoberfläche angeordnet ist, die axial von dem dritten Abschnitt (S3) weiter entfernt ist als die andere axiale Begrenzungsoberfläche.
7. Rückführstufe (RS) nach den Ansprüchen 2, 3 oder 2, 3, 6, wobei ein zweiter rauer Bereich (RZ2) auf der radial inneren Begrenzungsoberfläche des zweiten Abschnitts (S2) beginnend an dem zweiten Ende (S2E2) des zweiten Abschnitts (S2) sich zwischen 30% bis 70% der Erstreckung entlang des Strömungskanals (CH) sich erstreckend befindet.
8. Rückführstufe (RS) nach den Ansprüchen 2, 3, 4 oder 2, 3, 4, 6, oder 2, 3, 4, 6, 7, wobei ein dritter rauer Bereich (RZ3) direkt an den zweiten rauen Bereich (RZ2) im dritten Abschnitt (S3) angrenzt und sich zwischen 5% bis 40% entlang des Strömungskanals (CH) sich erstreckend befindet.
9. Rückführstufe (RS) nach den Ansprüchen 2, 3, 4, 5 oder 2, 3, 4, 5, 6, oder 2, 3, 4, 5, 6, 7, oder 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, wobei ein vierter rauer Bereich (RZ4) sich im vierten Abschnitt (S4) auf der radial äußeren Begrenzungsoberfläche befindet.
10. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9,
- wobei die rauen Bereiche (RZ1 - RZ4) sich jeweils über den gesamten Umfang des Strömungskanals (CH) erstrecken.
11. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, wobei die Fluidenergiemaschine (FEM) ein Turboverdichter (TCO) ist und ein Prozessfluid (PF) die Abschnitte in der Reihenfolge erster Abschnitt (S1), zweiter Abschnitt (S2), dritter Abschnitt (S3), vierter Abschnitt (S4) durchströmt.
12. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, wobei die Fluidenergiemaschine ein Turboexpander ist und ein Prozessfluid (PF) die Abschnitte in der Reihenfolge vierter Abschnitt (S4), dritter Abschnitt (S3), zweiter Abschnitt (S2), erster Abschnitt (S1) durchströmt.
13. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, wobei der erste Abschnitt (S1) des Strömungskanals (CH) Leitschaufeln (V) aufweist.
14. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, wobei die rauen Bereiche eine mittlere Rauheit  $20\mu\text{m} < R_z$  aufweisen.
15. Rückführstufe (RS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, wobei die nicht rauen Bereiche eine mittlere Rauheit  $R_z < 20\mu\text{m}$  aufweisen.

### Claims

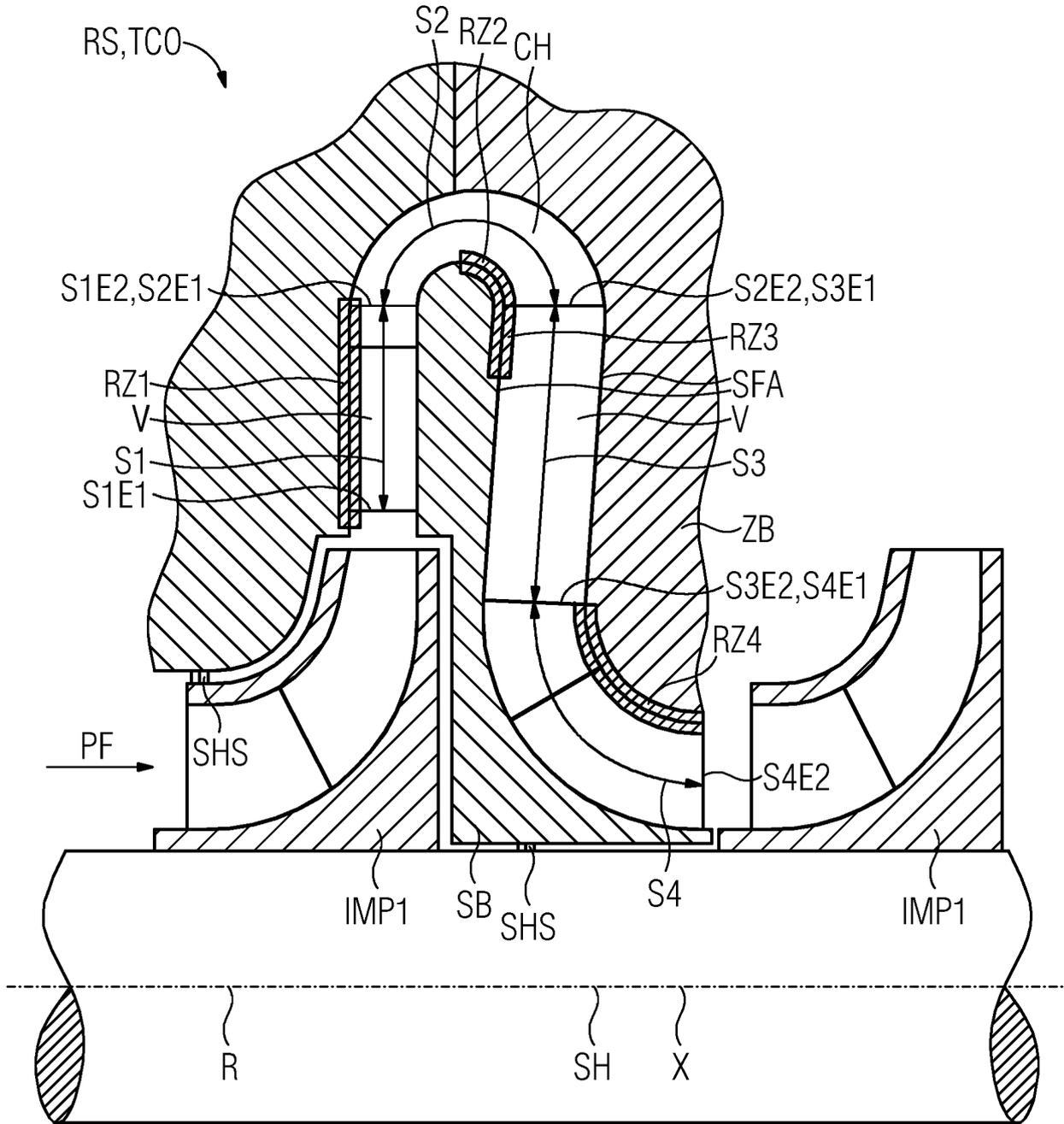
1. Return stage (RS) of a radial turbo fluid energy machine, in particular a radial turbocompressor (TCO), having an axis of rotation (X), Return stage (RS) comprising an annular flow channel (CH) for feeding a flowing process fluid (PF) from a flow opening of a first impeller (IMP1) to a flow opening of a second impeller (IMP2) arranged downstream,  
**characterized in that**  
 the flow channel (CH) is defined by boundary surface regions (SFA), of which at least one specific rough region extending in the circumferential direction has a surface roughness (RZ) which is increased with respect to the other regions.
2. Return stage (RS) according to Claim 1, wherein the flow channel (CH) has a first portion (S1), which extends radially and has a radial opening to an impeller (IMP) at a first end (S1E1) of the first portion (S1).

3. Return stage (RS) according to Claim 2, wherein the flow channel (CH) has a second portion (S2), which adjoins a second end (S1E2) of the first portion (S1) with a first end (S2E1) of the second portion (S2) and deflects the flow by approximately 180° from one radial direction into the opposing radial direction.
4. Return stage (RS) according to Claim 3, wherein the flow channel (CH) has a third portion (S3), which runs substantially radially and adjoins a second end (S2E2) of the second portion (S2) with a first end (S3E1) of the third portion (S3).
5. Return stage (RS) according to Claim 4, wherein the flow channel (CH) has a fourth portion (S4), which radially adjoins a second end (S3E2) of the third portion (S3) radially with a first end (S4E1) of the fourth portion (S4) and deflects the flow by approximately 90° and, with a second end (S4E2) of the fourth portion (S4), has an axial opening to the second impeller (IMP2).
6. Return stage (RS) according to Claim 2, wherein a first rough region (RZ1) in the first portion (S1) is arranged on that axial boundary surface which is at a greater axial distance from the third portion (S3) than the other axial boundary surface.
7. Return stage (RS) according to Claims 2, 3 or 2, 3, 6, wherein a second rough region (RZ2) on the radially inner boundary surface of the second portion (S2), beginning at the second end (S2E2) of the second portion (S2), is located in a manner extending over between 30% and 70% of the extent along the flow channel (CH).
8. Return stage (RS) according to Claims 2, 3, 4 or 2, 3, 4, 6 or 2, 3, 4, 6, 7, wherein a third rough region (RZ3) directly adjoins the second rough region (RZ2) in the third portion (S3) and is located in a manner extending between 5% and 40% along the flow channel (CH).
9. Return stage (RS) according to Claims 2, 3, 4, 5 or 2, 3, 4, 5, 6 or 2, 3, 4, 5, 6, 7 or 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, wherein a fourth rough region (RZ4) is located in the fourth portion (S4) on the radially outer boundary surface.
10. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 9, wherein the rough regions (RZ1-RZ4) each extend over the entire extent of the flow channel (CH).
11. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 10, wherein the fluid energy machine (FEM) is a turbocompressor (TCO) and a process fluid (PF) flows through the portions in the sequence of first portion (S1), second portion (S2), third portion (S3), fourth portion (S4).
12. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 10, wherein the fluid energy machine is a turboexpander and a process fluid (PF) flows through the portions in the sequence of fourth portion (S4), third portion (S3), second portion (S2), first portion (S1).
13. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 12, wherein the first portion (S1) of the flow channel (CH) has guide blades (V).
14. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 13, wherein the rough regions have a mean roughness of  $20 \mu\text{m} < R_z$ .
15. Return stage (RS) according to at least one of the preceding Claims 1 to 13, wherein the non-rough regions have a mean roughness of  $R_z < 20 \mu\text{m}$ .

## Revendications

1. Etage (RS) de retour d'une turbomachine radiale à énergie de fluide, notamment d'un turbocompresseur (TCO) radial, comprenant un axe (X) de rotation, l'étage (RS) de retour comprenant un canal (CH) annulaire d'écoulement pour l'arrivée d'un fluide (PF) de processus en écoulement d'une ouverture d'écoulement d'un premier impulseur (IMP1) à une ouverture d'écoulement d'un deuxième impulseur (IMP2) en aval,  
**caractérisé en ce que**  
 le canal (CH) d'écoulement est défini par des régions (SFA) de surface de délimitation, dont au moins une région déterminée, s'étendant dans la direction périphérique, a une rugosité (RZ) superficielle plus grande que les autres régions.
2. Etage (RS) de retour suivant la revendication 1, dans lequel le canal (CH) d'écoulement a un premier tronçon (S1), qui s'étend radialement et qui a une ouverture radiale vers un impulseur (IMP) à une première extrémité (S1E1) du premier tronçon (S1).
3. Etage (RS) de retour suivant la revendication 2, dans lequel le canal (CH) d'écoulement a un deuxième tronçon (S2), qui, par une première extrémité (S2E1) du deuxième tronçon (S2), est voisin d'une deuxième extrémité (S1E2) du premier tronçon (S1) et l'écoulement est dévié d'environ 180° d'une direction radiale dans la direction radiale contraire.
4. Etage (RS) de retour suivant la revendication 3, dans lequel le canal (CH) d'écoulement a un troisième tronçon (S3), qui s'étend sensiblement radiale-

- ment et qui, par une première extrémité (S3E1) du troisième tronçon (S3), est voisin d'une deuxième extrémité (S2E2) du deuxième tronçon (S2).
5. Etage (RS) de retour suivant la revendication 4, dans lequel le canal (CH) d'écoulement a un quatrième tronçon (S4), qui, radialement par une première extrémité (S4E1) du quatrième tronçon (S4), est voisin radialement d'une deuxième extrémité (S3E2) du troisième tronçon (S3) et l'écoulement est dévié d'environ 90° et a, par une deuxième extrémité (S4E2) du quatrième tronçon (S4), une ouverture axiale vers le deuxième impulsEUR (IMP2).
6. Etage (RS) de retour suivant la revendication 2, dans lequel une première région (RZ1) rugueuse du premier tronçon (S1) est disposée sur la surface de délimitation axiale, qui est plus éloignée axialement du troisième tronçon (S3) que l'autre surface de délimitation axiale.
7. Etage (RS) de retour suivant les revendications 2, 3 ou 2, 3, 6, dans lequel une deuxième région (RZ2) rugueuse se trouve sur la surface de délimitation intérieure radialement du deuxième tronçon (S2), en commençant à la deuxième extrémité (S2E2) du deuxième tronçon (S2), en s'étendant entre 30% à 70% de l'étendue le long du canal (CH) d'écoulement.
8. Etage (RS) de retour suivant les revendications 2, 3, 4 ou 2, 3, 4, 6, ou 2, 3, 4, 6, 7, dans lequel une troisième région (RZ3) rugueuse se trouve directement voisine de la deuxième région (RZ2) rugueuse du troisième tronçon (S3) et s'étend entre 5% à 40% le long du canal (CH) d'écoulement.
9. Etage (RS) de retour suivant les revendications 2, 3, 4, 5 ou 2, 3, 4, 5, 6, ou 2, 3, 4, 5, 6, 7, ou 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dans lequel une quatrième région (RZ4) rugueuse se trouve dans le quatrième tronçon (S4) sur la surface de délimitation extérieure radialement.
10. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 9, dans lequel les régions (RZ1 à RZ4) rugueuses s'étendent chacune sur tout le pourtour du canal (CH) d'écoulement.
11. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 10, dans lequel la machine (FEM) à énergie de fluide est un turbocompresseur (TCO) et un fluide (PF) de processus passe dans les tronçons, successivement dans le premier tronçon (S1), le deuxième tronçon (S2), le troisième tronçon (S3), le quatrième tronçon (S4).
12. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 10, dans lequel la machine à énergie de fluide est un turbodétendeur et un fluide (PF) de processus passe dans les tronçons, successivement dans le quatrième tronçon (S4), le troisième tronçon (S3), le deuxième tronçon (S2), le premier tronçon (S1).
13. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 12, dans lequel le premier tronçon (S1) du canal (CH) d'écoulement a des aubes (V) directrices.
14. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 13, dans lequel les régions rugueuses ont une rugosité moyenne  $20\mu\text{m} < R_z$ .
15. Etage (RS) de retour suivant au moins l'une des revendications précédentes 1 à 13, dans lequel les régions non rugueuses ont une rugosité moyenne  $R_z < 20\mu\text{m}$ .



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1433960 B1 [0002]
- DE 60320519 T2 [0003]
- US 2419669 A [0003]
- EP 1953340 A2 [0003]