



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.10.2020 Patentblatt 2020/41

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01) **F01D 5/30 (2006.01)**
F01D 5/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20161689.3**

(22) Anmeldetag: **09.03.2020**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

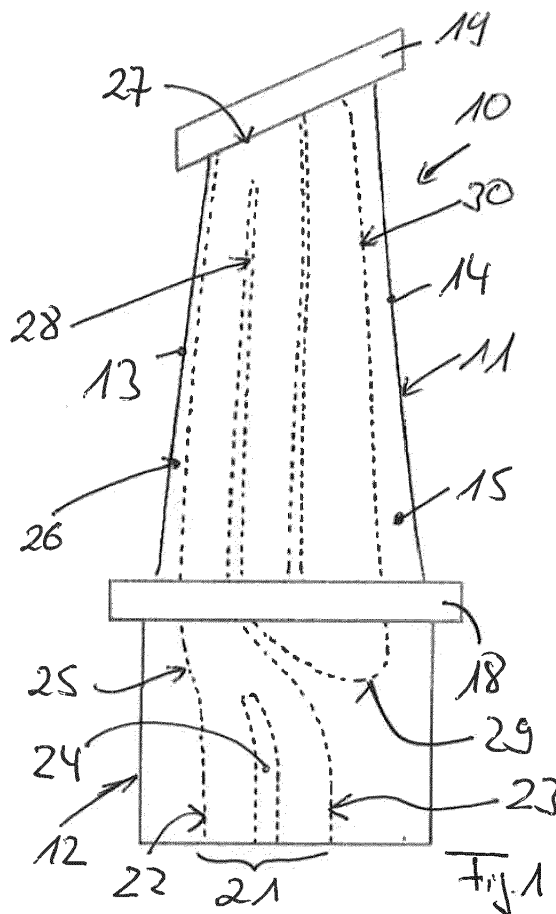
(71) Anmelder: **MAN Energy Solutions SE**
86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Pöhler, Thorsten**
46539 Dinslaken (DE)
• **Frank, Dirk**
46562 Voerde (DE)

(30) Priorität: **04.04.2019 DE 102019108811**

(54) **LAUFSCHAUFEL EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Laufschaufel (10) einer Strömungsmaschine, mit einem Schaufelblatt (11), welches eine Strömungseintrittskante (13), eine Strömungsaustrittskante (14) und Strömungsführungsflächen (15, 16) für ein Prozessmedium aufweist, mit einem Schaufelfuß (12) zur Befestigung der Laufschaufel an einem Nabenkörper, wobei der Schaufelfuß (12) tannenbaumartig mit mindestens zwei in Radialrichtung gesehen voneinander beabstandeten Vorsprüngen (17) ausgebildet ist, mit einem Innendeckband (18), welches in Radialrichtung gesehen zwischen dem Schaufelblatt (11) und dem Schaufelfuß (12) angeordnet ist, mit einem in das Schaufelblatt (11) und den Schaufelfuß (12) integrierten Kühlkanal (20) für ein Kühlmedium, wobei ein Eintritt des Kühlkanals (20) radial innen am Schaufelfuß (12) ausgebildet ist. Der Eintritt des Kühlkanals (20) ist aus einem ersten Eintrittskanalabschnitt (22) und einem in Axialrichtung des Schaufelfußes (12) gesehen hinter dem ersten Eintrittskanalabschnitt (22) angeordneten, zweiten Eintrittskanalabschnitt (23) gebildet, zwischen welchen sich ein Materialsteg (24) erstreckt. Der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (24) gehen in einen Vereinigungskanalabschnitt (25) über, der in Radialrichtung gesehen radial außen des obersten Vorsprungs (17) des Schaufelfußes (12) und radial innen des Innendeckbands (18) angeordnet ist. Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel einer Strömungsmaschine.

[0002] Strömungsmaschinen, wie Turbinen oder Verdichter, verfügen über statorseitige Baugruppen sowie rotorseitige Baugruppen. Zu den rotorseitigen Baugruppen einer Strömungsmaschine gehört der sogenannte Strömungsmaschinenrotor, der einen Nabenkörper und sich ausgehend vom Nabenkörper nach radial außen erstreckende Laufschaufeln aufweist. Eine Laufschaufel einer Strömungsmaschine verfügt über ein strömungsführendes Schaufelblatt sowie über einen Schaufelfuß, über welche die Laufschaufel im Nabenkörper der Strömungsmaschine befestigt werden kann. Das Schaufelblatt der Strömungsmaschine verfügt über eine Strömungseintrittskante, eine Strömungsaustrittskante und der Strömungsaustrittskante erstreckende Strömungsführungsflächen für ein Prozessmedium, die auch als Saugseite und Druckseite bezeichnet werden. Der Schaufelfuß, über welchen die Laufschaufel im Nabenkörper der Strömungsmaschine befestigt werden kann, ist typischerweise tannenbaumartig mit mindestens zwei in Radialrichtung der Laufschaufel gesehen, voneinander beabstandeten Vorsprüngen ausgebildet. Eine Laufschaufel verfügt auch über ein sogenanntes Innendeckband, welches in Radialrichtung der Laufschaufel gesehen zwischen dem Schaufelblatt und dem Schaufelfuß angeordnet ist. Radial außen an das Schaufelblatt kann sich gegebenenfalls ein Außendeckband anschließen. Insbesondere im Bereich von Turbinen, in welchen ein heißes Prozessmedium über die Strömungsmaschine strömt, kommen Laufschaufeln zum Einsatz, in welche ein Kühlkanal integriert ist. Der Kühlkanal erstreckt sich dabei sowohl über den Schaufelfuß als auch über das Schaufelblatt. Ein Eintritt des Kühlkanals ist radial innen am Schaufelfuß ausgebildet. Ein Austritt des Kühlkanals kann radial außen am Schaufelblatt oder an dem radial äußeren Außendeckband oder auch an einer anderen Stelle ausgebildet ist.

[0003] Obwohl bereits gekühlte Laufschaufeln mit einem Kühlkanal, der in die Laufschaufel integriert ist, grundsätzlich bekannt sind, besteht Bedarf daran, die Kühlung einer Laufschaufel weiter zu verbessern, und zwar bei gleichzeitig hoher Festigkeit der Laufschaufel.

[0004] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Laufschaufel einer Strömungsmaschine zu schaffen, die trotz Kühlkanal eine hohe Festigkeit aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Laufschaufel nach Anspruch 1 gelöst.

[0006] Erfindungsgemäß ist der Eintritt des Kühlkanals aus einem ersten Eintrittskanalabschnitt und einem in Axialrichtung des Schaufelfußes gesehen hinter dem ersten Eintrittskanalabschnitt angeordneten, zweiten Eintrittskanalabschnitt ausgebildet, zwischen welchen sich ein Materialsteg erstreckt. Der erste Eintrittskanal-

abschnitt des Kühlkanals und der zweite Eintrittskanalabschnitt des Kühlkanals gehen in einen Vereinigungskanalabschnitt des Kühlkanals über, der in Radialrichtung gesehen radial außen oder radial oberhalb des obersten oder radial äußersten Vorsprungs des Schaufelfußes und radial innen oder radial unterhalb des Innendeckbands angeordnet ist. Dies dient der effektiven Kühlung der Laufschaufel bei gleichzeitig hoher Festigkeit der Laufschaufel.

[0007] Vorzugsweise verlaufen der erste Eintrittskanalabschnitt und der zweite Eintrittskanalabschnitt von radial innen nach radial außen zunächst geradlinig in Radialrichtung. In demjenigen Bereich des Schaufelfußes, in welchem der erste Eintrittskanalabschnitt und der zweite Eintrittskanalabschnitt geradlinig in Radialrichtung verlaufen, ist eine axiale Dicke des Materialstegs konstant. Dies dient der effektiven Kühlung der Laufschaufel bei gleichzeitig hoher Festigkeit der Laufschaufel. Der erste Eintrittskanalabschnitt und der zweite Eintrittskanalabschnitt verlaufen anschließend hieran in Richtung auf den Vereinigungskanalabschnitt jeweils gebogen oder gekrümmt, und zwar in Richtung auf ein bezogen auf die Prozessmediumströmung stromaufwärtiges oder axial vorderes Ende des Schaufelfußes. In demjenigen Bereich des Schaufelfußes, in welchem der erste Eintrittskanalabschnitt und der zweite Eintrittskanalabschnitt jeweils gebogen oder gekrümmt verlaufen, nimmt eine axiale Dicke des Materialstegs in Richtung auf den Vereinigungskanalabschnitt vorzugsweise ab. Auch dies dient der effektiven Kühlung der Laufschaufel bei gleichzeitig hoher Festigkeit der Laufschaufel.

[0008] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung ist der erste Eintrittskanalabschnitt in Richtung auf das stromaufwärtige oder axial vordere Ende des Schaufelfußes mit einem ersten Krümmungsradius gekrümmt. Der zweite Eintrittskanalabschnitt ist in Richtung auf das stromaufwärtige oder axial vordere Ende des Schaufelfußes mit einem zweiten Krümmungsradius gekrümmt. Der erste Krümmungsradius ist zumindest so groß, vorzugsweise größer, als der zweite Krümmungsradius. Auch diese Merkmale dienen der Gewährleistung einer effektiven Kühlung bei gleichzeitig hoher Festigkeit der Laufschaufel.

[0009] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung erstreckt sich anschließend an den Vereinigungskanalabschnitt der Kühlkanal zunächst nach radial außen in Richtung auf einen radial äußeren Umlenkkanalabschnitt. Anschließend an den radial äußeren Umlenkkanalabschnitt erstreckt sich der Kühlkanal nach radial innen in Richtung auf einen radial inneren Umlenkkanalabschnitt. Anschließend an den radial inneren Umlenkkanalabschnitt erstreckt sich der Kühlkanal nach radial außen in Richtung auf einen Kühlkanalaustritt. Der radial innere Umlenkkanalabschnitt ist in Radialrichtung oberhalb oder radial außen des obersten oder radial äußersten Vorsprungs des Schaufelfußes und unterhalb oder radial innen des Innendeckbands angeordnet. Auch dies dient der effektiven Kühlung der Laufschaufel bei hoher Fest-

tigkeit derselben.

[0010] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung weisen der erste Eintrittskanalabschnitt und der zweite Eintrittskanalabschnitt gleiche Strömungsquerschnitte auf. Dies sorgt für eine effektive Kühlung der Laufschaufel.

[0011] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Laufschaufel einer Strömungsmaschine;
 Fig. 2 eine perspektivische Vorderansicht der erfindungsgemäßen Laufschaufel;
 Fig. 3 ein Detail der erfindungsgemäßen Laufschaufel im Bereich eines Schaufelfußes;
 Fig. 4 Konturen eines Kühlkanals der erfindungsgemäßen Laufschaufel;
 Fig. 5 den Ausschnitt V der Fig. 4;
 Fig. 6 den Ausschnitt V der Fig. 4 mit geometrischen Größen;
 Fig. 7 den Ausschnitt V der Fig. 4 mit weiteren geometrischen Größen.

[0012] Fig. 1 und 2 zeigen Ansichten einer Laufschaufel 10, wobei die Laufschaufel 10 ein strömungsführendes Schaufelblatt 11 und einen Schaufelfuß 12 umfasst. Das strömungsführende Schaufelblatt 11 dient der Strömungsführung eines Prozessmediums, insbesondere von Prozessgas, welches durch die Strömungsmaschine strömt, wobei das Schaufelblatt 11 eine Strömungseintrittskante 13 für das Prozessmedium, eine Strömungsaustrittskante 14 für das Prozessmedium und sich zwischen der Strömungseintrittskante 13 und der Strömungsaustrittskante 14 erstreckende Strömungsführungsflächen 15, 16 für das Prozessmedium aufweist. Die Strömungsführungsflächen 15, 16 bilden eine Saugseite und eine Druckseite.

[0013] Der Schaufelfuß 12 dient der Befestigung der Laufschaufel 10 in einem nicht gezeigten Nabenkörper der Strömungsmaschine. Der Schaufelfuß 12 ist dabei tannenbaumartig mit mindestens zwei in Radialrichtung der Laufschaufel 10 gesehen voneinander beabstandeten Vorsprüngen 17 ausgebildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind drei derartige Vorsprünge 17 in Radialrichtung der Laufschaufel 10 voneinander beabstandet. Zwischen benachbarten Vorsprüngen 17 verjüngt sich jeweils das Tannenbaumprofil des Schaufelfußes 12. Jeweils ein Vorsprung 17 und der unmittelbar oberhalb des jeweiligen Vorsprungs 17 angeordnete, sich verjüngende Abschnitt des Tannenbaumprofils definieren jeweils einen sogenannten Zahn des Tannenbaumprofils.

[0014] Die Laufschaufel 10 verfügt weiterhin über ein Innendeckband 18, welches in Radialrichtung der Laufschaufel 10 gesehen zwischen dem Schaufelblatt 11 und dem Schaufelfuß 12 der Laufschaufel 10 angeordnet ist.

Das Innendeckband 18 begrenzt radial innen einen Strömungsführungskanal für das Prozessmedium. Im gezeigten Ausführungsbeispiel verfügt die Laufschaufel 10 weiterhin über ein Außendeckband 19. Das Außendeckband 19 begrenzt radial außen den Strömungsführungskanal für das Prozessmedium.

[0015] In die Laufschaufel 10 ist ein Kühlkanal 20 für Kühlmedium, insbesondere Kühlluft, integriert. In Fig. 1 sind Konturen des Kühlkanals 20 gestrichelt gezeigt. Auch in Fig. 3 sind Konturen des Kühlkanals 20 abschnittsweise gestrichelt gezeigt. Fig. 4, 5, 6 und 7 zeigen lediglich die Konturen des Kühlkanals 20 ohne die eigentliche Laufschaufel 10.

[0016] Der Kühlkanal 20 verfügt über einen Eintritt oder Kühlkanaleintritt 21, der radial innen am Schaufelfuß 12 ausgebildet ist. Ferner verfügt der Kühlkanal 20 über einen Austritt oder Kühlkanalaustritt 31, der insbesondere radial außen am Schaufelblatt 11 oder am Außendeckband 19 ausgebildet ist. Der Kühlkanalaustritt 31 kann auch an einer anderen Stelle positioniert sein.

[0017] Fig. 3, 5, 6 und 7 zeigen Details des Eintritts oder Kühlkanaleintritts 21 des Kühlkanals 20.

[0018] Der Eintritt oder Kühlkanaleintritt 21 des Kühlkanals 20 umfasst einen ersten Eintrittskanalabschnitt 22 und einen zweiten Eintrittskanalabschnitt 23. Wie am besten Fig. 1 entnommen werden kann, ist der erste Eintrittskanalabschnitt 22 in Axialrichtung gesehen bezogen auf die Strömung des Prozessmediums vorne positioniert, also näher an einem bezogen die Prozessmediumströmung stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes 12 positioniert als der zweite Eintrittskanalabschnitt 23.

[0019] Der zweite Eintrittskanalabschnitt 23 ist in Axialrichtung des Schaufelfußes 12 gesehen hinter dem ersten Eintrittskanalabschnitt 22 angeordnet.

[0020] Wie bereits ausgeführt, dient der Schaufelfuß 12 nicht der Prozessmediumführung sondern lediglich der Befestigung bzw. Montage der Laufschaufel 10 am Nabenkörper. Nichtsdestotrotz weist der Schaufelfuß 12 jedoch zwei sich gegenüberliegende axiale Enden auf, und zwar ein bezogen auf die Prozessmediumströmung stromaufwärtiges oder axial vorderes Ende und ein bezogen auf die Prozessmediumströmung stromabwärtiges oder axial hinteres Ende.

[0021] Der erste Eintrittskanalabschnitt 22 ist zwischen dem stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes 12 und dem zweiten Eintrittskanalabschnitt 23 angeordnet.

[0022] Der zweite Eintrittskanalabschnitt 23 ist zwischen dem ersten Eintrittskanalabschnitt 22 und dem stromabwärtigen oder axial hinteren Ende des Schaufelfußes 12 angeordnet.

[0023] Zwischen den beiden Eintrittskanalabschnitten 22 und 23, die in Axialrichtung des Schaufelfußes 12 voneinander beabstandet sind, erstreckt sich ein Materialsteg 24. Dieser Materialsteg 24 versteift die Laufschaufel 10 im Bereich ihres Schaufelfußes 12.

[0024] Der erste Eintrittskanalabschnitt 22 und der

zweite Eintrittskanalabschnitt 23 des Kühlkanals 20 gehen in einen Verbindungskanalabschnitt 25 über.

[0025] Dieser Verbindungskanalabschnitt 25 ist dabei in Radialrichtung der Laufschaufel 10 gesehen oberhalb oder radial außen des obersten oder radial äußersten Vorsprungs 17 und unterhalb oder radial innen des Innendeckbands 18 angeordnet bzw. ausgebildet.

[0026] Daraus folgt, dass sich der Materialsteg 24 von radial innen nach radial außen bis in einen Abschnitt des Schaufelfußes 12 hinein erstreckt, der oberhalb oder radial außen des radial äußersten und damit obersten Vorsprungs 17 des Schaufelfußes 12 angeordnet ist, wodurch die Festigkeit der Laufschaufel 10 im Bereich des Schaufelfußes 12 besonders vorteilhaft eingestellt werden kann. Der Materialsteg 24 erstreckt sich bevorzugt bis in den Bereich des engsten Querschnitts des radial äußersten und damit obersten Zahns des Tannenbaumprofils des Schaufelfußes 12 hinein.

[0027] Der erste Eintrittskanalabschnitt 22 definiert radial innen am Schaufelfuß 12 eine erste Strömungseintrittsoffnung und der zweite Eintrittskanalabschnitt 23 definiert radial innen am Schaufelfuß 12 eine zweite Strömungseintrittsoffnung. Diese sind, ebenso wie die Eintrittskanalabschnitte 22, 23 selbst, in Axialrichtung des Schaufelfußes 12 gesehen hintereinander positioniert und über den Materialsteg 24 voneinander beabstandet.

[0028] Die erste Strömungseintrittsoffnung und damit der erste Eintrittskanalabschnitt 22 weist einen definierten axialen Abstand Δx von dem bezogen auf die Prozessmediumströmung stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes 12 auf. Bevorzugt beträgt der definierte axiale Abstand Δx zwischen dem ersten Eintrittskanalabschnitt 22 und damit der ersten Strömungseintrittsoffnung und dem stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes 12 zwischen 10% und 30%, insbesondere zwischen 15% und 25%, der axialen Länge L des Schaufelfußes 12.

[0029] Wie am besten Fig. 4, 5, 6 und 7 entnommen werden kann, verlaufen der erste Eintrittskanalabschnitt 22 und der zweite Eintrittskanalabschnitt 23 ausgehend von ihrer jeweiligen Strömungseintrittsoffnung, also ausgehend von radial innen, zunächst geradlinig in Radialrichtung nach radial außen. In diesem Bereich, in welchem die beiden Eintrittskanalabschnitte 22, 23 geradlinig in Radialrichtung verlaufen, weist der Materialsteg 24 eine konstante Dicke in Axialrichtung auf. Der oben definierte axiale Abstand Δx zwischen dem ersten Eintrittskanalabschnitt 22 und dem stromaufwärtigen Ende des Schaufelfußes 12 bezieht sich auf den geradlinig in Radialrichtung nach radial außen verlaufenden Bereich des ersten Eintrittskanalabschnitts 22. Anschließend an denjenigen Bereich, in welchem die beiden Eintrittskanalabschnitte 22, 23 in Radialrichtung geradlinig verlaufen, verlaufen die beiden Eintrittskanalabschnitte 22, 23 in Richtung auf den Verbindungskanalabschnitt 25 gebogen oder gekrümmt. Im Bereich dieser Krümmung ändert sich der oben definierte Abstand Δx . Die Krümmung der Eintrittskanalabschnitte 22, 23 zwischen den geradlinig

in Radialrichtung verlaufenden Bereichen derselben und dem Verbindungskanalabschnitt 25 ist dabei in Richtung auf das stromaufwärtige oder axial vordere Ende des Schaufelfußes 12 bzw. in Richtung auf die Strömungseintrittskante 13 der Laufschaufel 11 gerichtet. In diesem Bereich, in welchem die beiden über den Materialsteg 24 voneinander getrennte Eintrittskanalabschnitte 22, 23 gebogen oder gekrümmt verlaufen, nimmt die axiale Dicke des Materialstegs 24 in Richtung auf den Vereinigungskanalabschnitt 25 vorzugsweise ab. In diesem Bereich verjüngt sich der Materialsteg 24. Alternativ kann in diesem Bereich die axiale Dicke des Materialstegs 24 auch konstant sein.

[0030] Anschließend an den Verbindungskanalabschnitt 25 erstreckt sich der Kühlkanal 20 im gezeigten Ausführungsbeispiel mit einem weiteren Abschnitt 26 zunächst nach radial außen in Richtung auf einen radial äußeren Umlenkkanalabschnitt 27, anschließend an den radial äußeren Umlenkkanalabschnitt 27 mit einem weiteren Abschnitt 28 nach radial innen in Richtung auf einen inneren Umlenkkanalabschnitt 29 und anschließend an diesen radial inneren Umlenkkanalabschnitt 29 mit einem weiteren Abschnitt 30 nach radial außen in Richtung auf den Kühlkanalaustritt 31. Die Abschnitte 26, 28 und 30 des Kühlkanals 20 erstrecken sich dabei innerhalb des Schaufelblatts 11. Es sind auch andere Verläufe des Kühlkanals 20 stromabwärts des Verbindungskanalabschnitts 25 möglich.

[0031] Der radial innere Umlenkkanalabschnitt 29 ist in Radialrichtung gesehen oberhalb oder radial außen des obersten oder radial äußersten Vorsprungs 17 des Schaufelfußes 12 und unterhalb oder radial innen des Innendeckbands 18 angeordnet, und zwar in Axialrichtung gegenüber den Eintrittskanalabschnitten 22, 23 nach axial hinten in Richtung auf das stromabwärtige oder axial hintere Ende des Schaufelfußes 12 versetzt.

[0032] Der obere oder radial äußere Umlenkkanalabschnitt 27 kann sich in den Bereich des Außendeckbands 19 hinein erstrecken.

[0033] Bei der erfindungsgemäßen Laufschaufel 10 strömt demnach Kühlmedium über die Strömungseintrittsoffnungen der Eintrittskanalabschnitte 22, 23 in den Kühlkanal 20 ein, wobei dieses über die beiden Eintrittskanalabschnitte 22, 23 strömende Kühlmittel im Bereich des Vereinigungskanalabschnitts 25 vereinigt wird. Dies erfolgt im Bereich des Schaufelfußes 12. Anschließend hieran wird das Kühlmedium über die Kanalabschnitte 26, 27, 28, 29 und 30 in Richtung auf den Kühlkanalaustritt 31 geführt.

[0034] Die sich in Radialrichtung erstreckenden Kanalabschnitte 26, 28 und 30 erstrecken sich dabei über die Radialer Streckung des Schaufelblatts 11. Zwischen den Kanalabschnitten 26, 28 sowie zwischen den Kanalabschnitten 28 und 30 erfolgt eine Strömungsumlenkung über die Umlenkkanalabschnitte 27 und 29.

[0035] Fig. 6 und 7 zeigen geometrische Kenngrößen des Strömungskanals 20 im Bereich des Kühlkanaleintritts 21. So kann Fig. 6 entnommen werden, dass der

erste Eintrittskanalabschnitt 22 mit einem ersten Krümmungsradius R1 und der zweite Eintrittskanalabschnitt 23 mit einem zweiten Krümmungsradius R2 in Richtung auf das stromaufwärtige axiale Ende des Schaufelfußes 12 gekrümmt ist. Der erste Krümmungsradius R1 ist dabei zumindest so groß wie der zweite Krümmungsradius R2, vorzugsweise ist R1 größer als R2.

[0036] Fig. 7 visualisieren die Strömungsquerschnitte der Eintrittskanalabschnitte 22 und 23. Fig. 7 kann entnommen werden, dass die beiden Eintrittskanalabschnitte 22 und 23 gleiche Strömungsquerschnitte A aufweisen, und zwar über ihre gesamte radiale Erstreckung bis zum Vereinigungskanalabschnitt 25 hin.

[0037] Bei der erfindungsgemäßen Laufschaufel 10 kann Kühlmedium im Bereich der Eintrittskanalabschnitte 22, 23 in Radialrichtung direkt in den Kühlkanal 20 eintreten, wodurch ein effektiver Eintritt des Kühlmediums in den Kühlkanal 20 möglich ist. In Axialrichtung gesehen weisen dabei die in Axialrichtung voneinander beabstandeten Eintrittskanalabschnitte 22, 23 einen definierten axialen Abstand von dem stromaufwärtigen Ende des Schaufelfußes 12 auf. Ferner sind die Eintrittskanalabschnitte 22, 23 in Axialrichtung durch den Materialsteg 24 voneinander beabstandet. Dies dient der Bereitstellung einer hohen Festigkeit der Laufschaufel 10 im Bereich des Schaufelfußes 12. Der Steg 24 erstreckt sich dabei in Radialrichtung gesehen bis oberhalb oder radial außen des obersten oder radial äußersten Vorsprungs 17 des tannenbaumartigen Schaufelfußes 12. Dies sorgt für eine optimale Festigkeit im Bereich des Schaufelfußes 12.

[0038] In dem radialen Bereich des Schaufelfußes 12, in welchem die beiden Eintrittskanalabschnitte 22 und 23 in den Vereinigungskanalabschnitt 25 übergehen, ist axial beabstandet zum Vereinigungskanalabschnitt 25 auch der radial innere Umlenckanalabschnitt 29 angeordnet. Dieser radial innere Umlenckanalabschnitt 29 erstreckt sich in den Schaufelfuß 12 hinein, endet jedoch mit Abstand vom radial äußersten Vorsprung 17 des tannenbaumartigen Schaufelfußes 12 radial außen bzw. radial oberhalb des Stegs 24. Die erfindungsgemäße Laufschaufel 10 erlaubt eine optimale Kühlung bei hoher Festigkeit. Sie findet insbesondere in Gasturbinen Einsatz.

Bezugszeichenliste

[0039]

10	Laufschaufel
11	Schaufelblatt
12	Schaufelfuß
13	Strömungseintrittskante
14	Strömungsaustrittskante
15	Strömungsführungsfläche
16	Strömungsführungsfläche
17	Vorsprung
18	Innendeckband
19	Außendeckband

20	Kühlkanal
21	Kühlkanaleintritt
22	erster Eintrittskanalabschnitt
23	zweiter Eintrittskanalabschnitt
5 24	Materialsteg
25	Vereinigungskanalabschnitt
26	Kanalabschnitt
27	Umlenckanalabschnitt
28	Kanalabschnitt
10 29	Umlenckanalabschnitt
30	Kanalabschnitt
31	Kühlkanalaustritt

15 **Patentansprüche**

1. Laufschaufel (10) einer Strömungsmaschine,

mit einem Schaufelblatt (11), welches eine Strömungseintrittskante (13), eine Strömungsaustrittskante (14) und sich zwischen der Strömungseintrittskante (13) und der Strömungsaustrittskante (14) erstreckende Strömungsführungsflächen (15, 16) für ein Prozessmedium aufweist,

mit einem Schaufelfuß (12) zur Befestigung der Laufschaufel an einem Nabenkörper der Strömungsmaschine, wobei der Schaufelfuß (12) tannenbaumartig mit mindestens zwei in Radialrichtung gesehen voneinander beabstandeten Vorsprüngen (17) ausgebildet ist, mit einem Innendeckband (18), welches in Radialrichtung gesehen zwischen dem Schaufelblatt (11) und dem Schaufelfuß (12) angeordnet ist,

mit einem in das Schaufelblatt (11) und den Schaufelfuß (12) integrierten Kühlkanal (20) für ein Kühlmedium, wobei ein Eintritt (21) des Kühlkanals (20) radial innen am Schaufelfuß (12) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Eintritt des Kühlkanals (20) aus einem ersten Eintrittskanalabschnitt (22) und einem in Axialrichtung des Schaufelfußes (12) gesehen hinter dem ersten Eintrittskanalabschnitt (22) angeordneten, zweiten Eintrittskanalabschnitt (23) ausgebildet ist, zwischen welchen sich ein Materialsteg (24) erstreckt,

der erste Eintrittskanalabschnitt (22) des Kühlkanals (20) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) des Kühlkanals (20) in einen Vereinigungskanalabschnitt (25) des Kühlkanals (20) übergehen, der in Radialrichtung gesehen radial außen oder radial oberhalb des obersten oder radial äußersten Vorsprungs (17) des Schaufelfußes (12) und radial innen oder radial unterhalb des Innendeckbands (18) angeordnet ist.

2. Laufschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der erste Eintrittskanalabschnitt (22) des Kühlkanals (20) eine erste Strömungseintrittsöffnung und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) des Kühlkanals (20) eine zweite Strömungseintrittsöffnung definiert, die in Axialrichtung des Schaufelfußes (12) gesehen hinter der ersten Strömungseintrittsöffnung positioniert ist.
3. Laufschaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und damit die erste Strömungseintrittsöffnung einen definierten axialen Abstand (Δx) von einem bezogen auf die Prozessmediumströmung stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes (12) aufweist.
4. Laufschaufel nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der definierte axiale Abstand (Δx) zwischen dem ersten Eintrittskanalabschnitt (22) und damit der ersten Strömungseintrittsöffnung und dem stromaufwärtigen oder axial vorderen Ende des Schaufelfußes (12) zwischen 10% und 30% der axialen Länge (L) des Schaufelfußes (12) beträgt.
5. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der erste Eintrittskanalabschnitt (22) des Kühlkanals (20) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) des Kühlkanals (20) von radial innen nach radial außen zunächst geradlinig in Radialrichtung verlaufen,
 der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) anschließend hieran in Richtung auf den Vereinigungskanalabschnitt (25) des Kühlkanals (20) jeweils gebogen oder gekrümmt verlaufen, und zwar in Richtung auf ein bezogen auf die Prozessmediumströmung stromaufwärtiges oder axial vorderes Ende des Schaufelfußes (12).
6. Laufschaufel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 in demjenigen Bereich, in welchem der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) geradlinig in Radialrichtung verlaufen, eine axiale Dicke des Materialstegs (24) konstant ist.
7. Laufschaufel nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**,
 in demjenigen Bereich, in welchem der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) jeweils gebogen oder gekrümmt verlaufen, eine axiale Dicke des Materialstegs (24)
- in Richtung auf den Vereinigungskanalabschnitt (25) abnimmt.
8. Laufschaufel nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**,
 in demjenigen Bereich, in welchem der erste Eintrittskanalabschnitt (22) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) jeweils gebogen oder gekrümmt verlaufen, eine axiale Dicke des Materialstegs (24) konstant ist.
9. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der erste Eintrittskanalabschnitt (22) in Richtung auf das stromaufwärtige oder axial vordere Ende des Schaufelfußes (12) mit einem ersten Krümmungsradius (R1) gekrümmt ist,
 der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) in Richtung auf das stromaufwärtige oder axial vordere Ende des Schaufelfußes (12) mit einem zweiten Krümmungsradius (R2) gekrümmt ist,
 der erste Krümmungsradius (R1) zumindest so groß, vorzugsweise größer, als der zweite Krümmungsradius (R2) ist.
10. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 sich anschließend an den Vereinigungskanalabschnitt (25) der Kühlkanal (20) nach radial außen erstreckt.
11. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 sich anschließend an den Vereinigungskanalabschnitt (25) der Kühlkanal (20) zunächst nach radial außen in Richtung auf einen radial äußeren Umlenkkanalabschnitt (27) erstreckt,
 sich hieran anschließend der Kühlkanal (20) nach radial innen in Richtung auf einen radial inneren Umlenkkanalabschnitt (29) erstreckt,
 sich hieran anschließend der Kühlkanal nach radial außen in Richtung auf einen Kühlkanalaustritt (31) erstreckt.
12. Laufschaufel nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radial innere Umlenkkanalabschnitt (27) in Radialrichtung radial außen oder radial oberhalb des obersten oder radial äußersten Vorsprungs (17) des Schaufelfußes (12) und radial innen oder radial unterhalb des Innendeckbands (18) angeordnet ist.
13. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Eintrittskanalabschnitt (22) des Kühlkanals (20) und der zweite Eintrittskanalabschnitt (23) des Kühlkanals

(20) gleiche Strömungsquerschnitte (A) aufweisen.

5

10

15

20

25

30

35

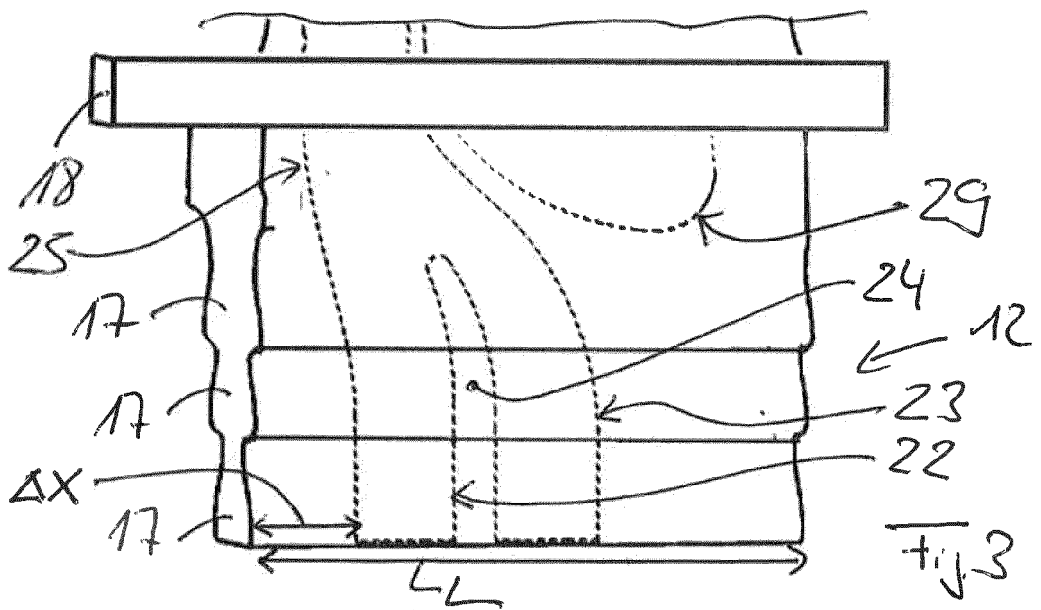
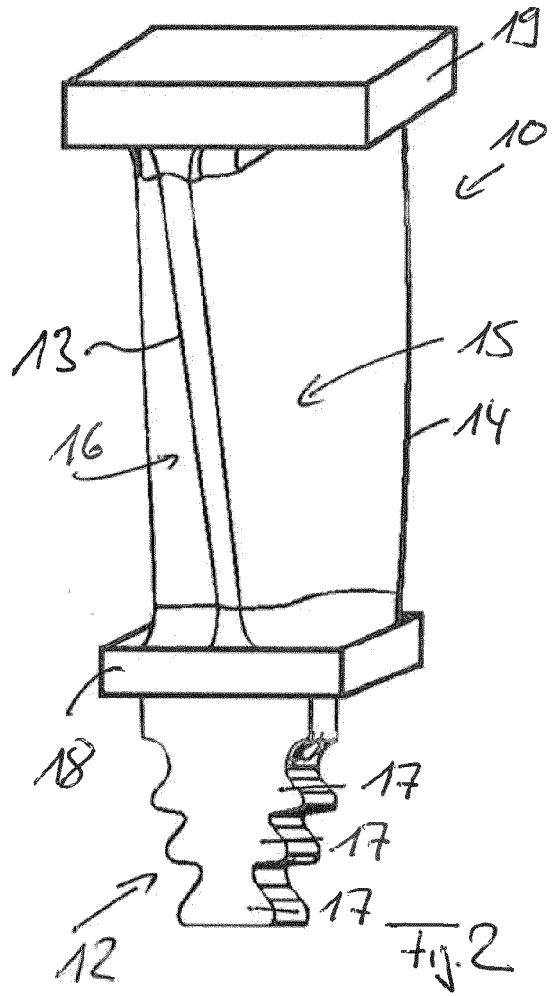
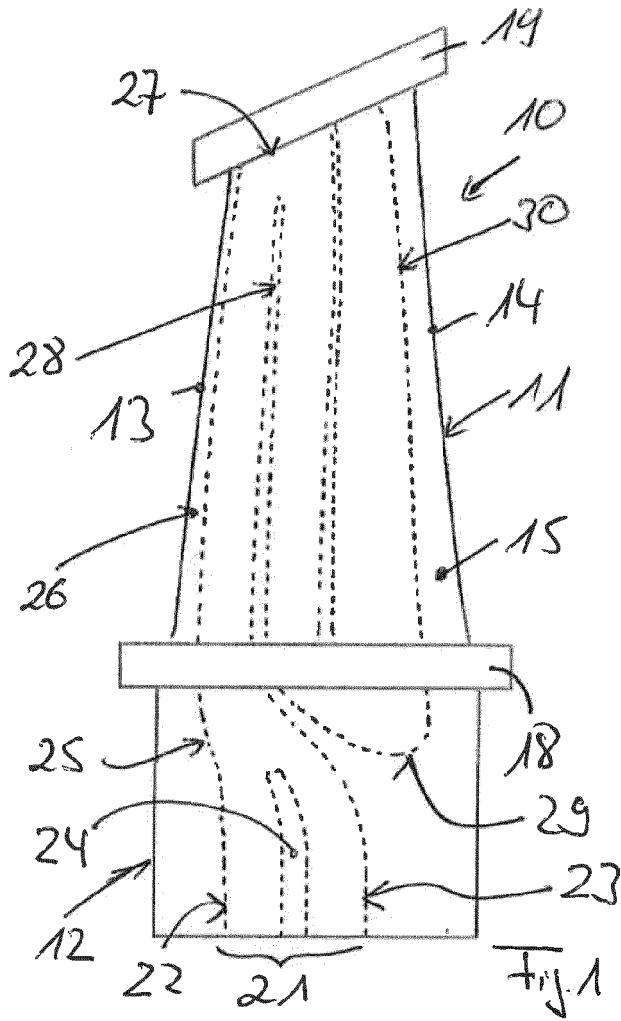
40

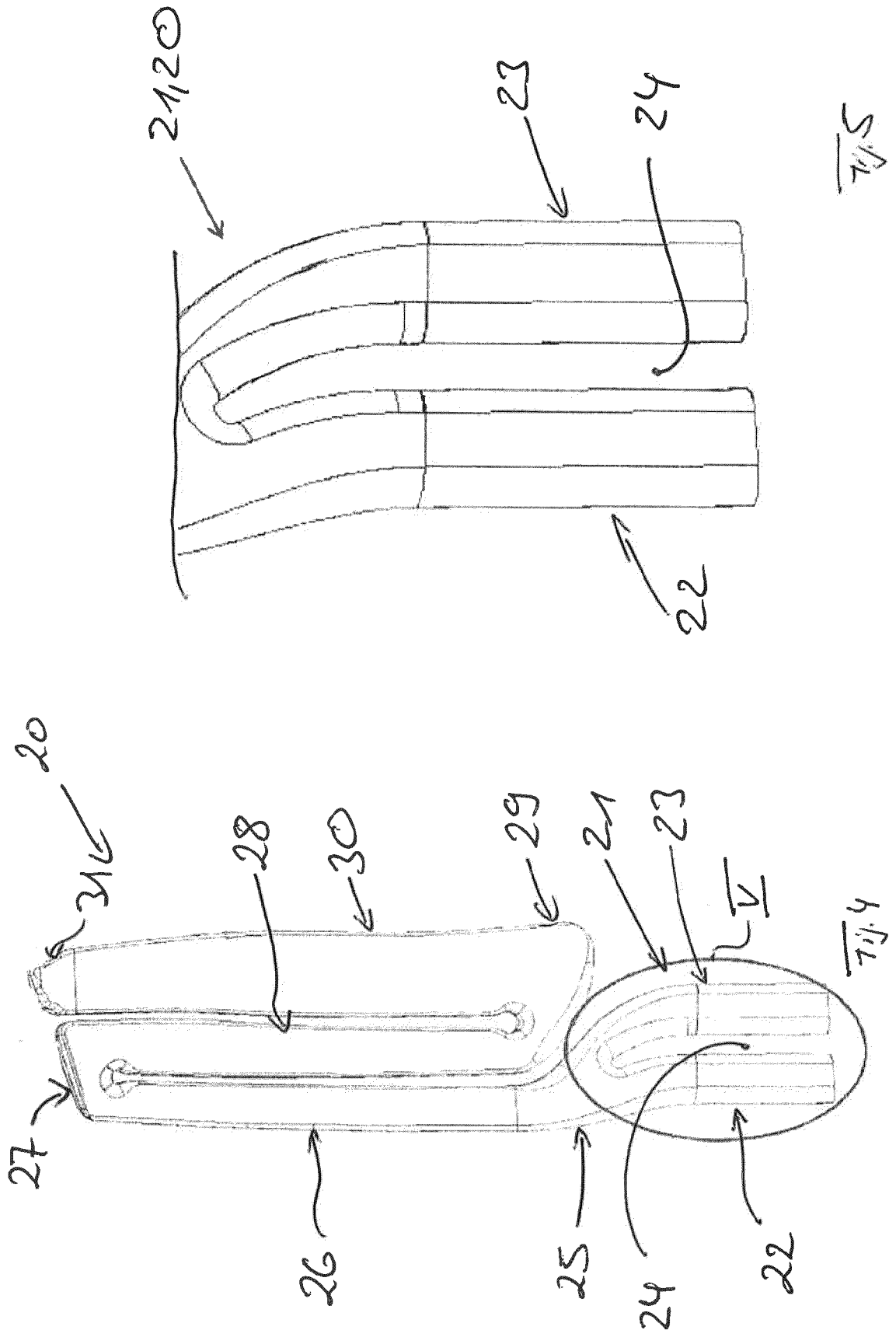
45

50

55

7





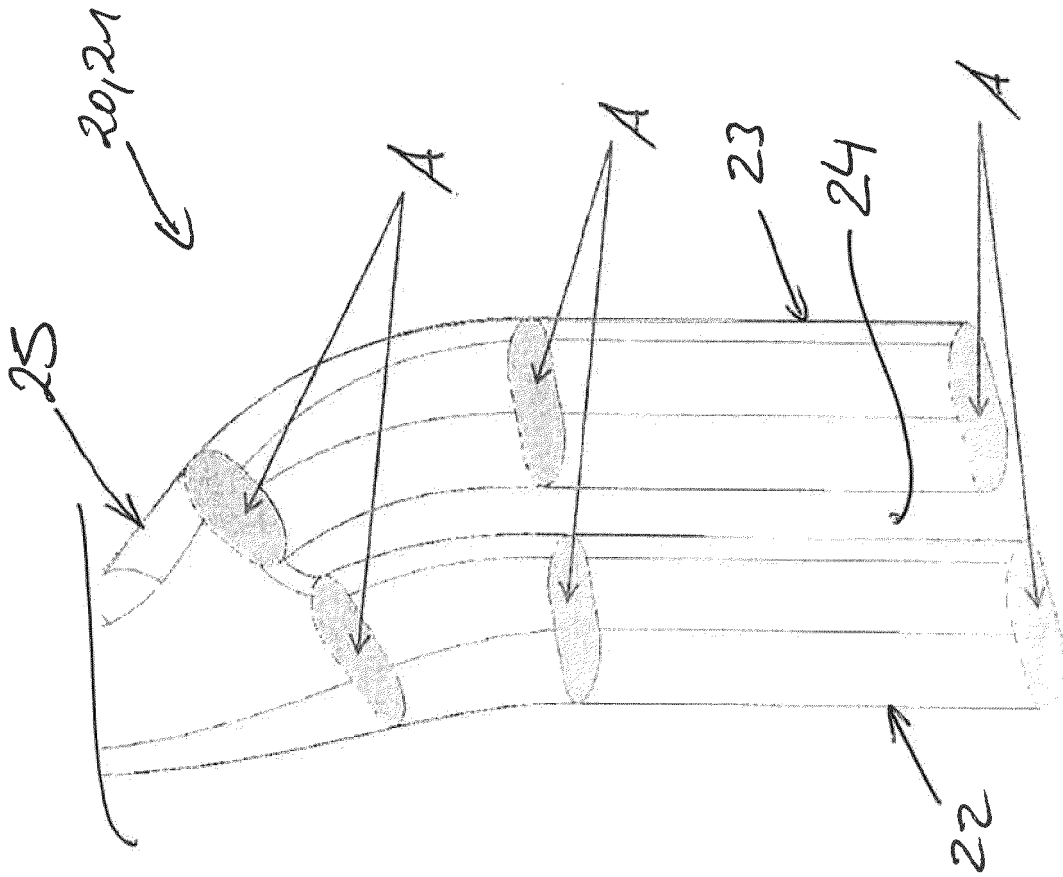


Fig 7

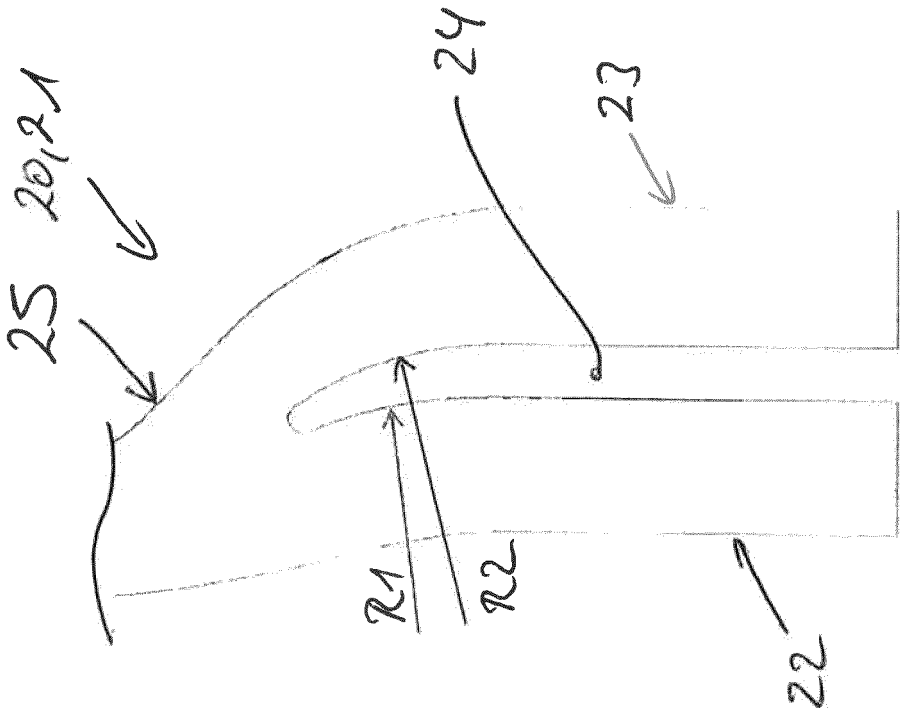


Fig 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 16 1689

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2014/321961 A1 (BEATTIE JEFFREY S [US] ET AL) 30. Oktober 2014 (2014-10-30)	1-4,10,13	INV. F01D5/18 F01D5/30 F01D5/08
Y	* Absatz [0017]; Abbildungen 3, 4 *	5-9,12	
X	US 2012/171046 A1 (BOYER BRADLEY TAYLOR [US]) 5. Juli 2012 (2012-07-05)	1-4,7,9-11,13	
Y	* Absatz [0040]; Abbildung 6 *	5,6,8,12	
X	US 2014/096538 A1 (BOYER BRADLEY TAYLOR [US] ET AL) 10. April 2014 (2014-04-10)	1-4,10,13	
Y	* Absatz [0028]; Abbildung 3 *	5-9,12	
X	US 2012/163995 A1 (WARDLE BRIAN KENNETH [CH] ET AL) 28. Juni 2012 (2012-06-28)	1-3,10,13	
Y	* Absatz [0032]; Abbildungen 1, 3, 4 *	5-9,12	
Y	EP 2 489 838 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 22. August 2012 (2012-08-22)	5-9	
Y	* Absatz [0038] - Absatz [0040]; Abbildung 4 *		
Y	EP 2 700 787 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 26. Februar 2014 (2014-02-26)	5-9,12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Abbildungen 9, 13, 14 *		F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Juli 2020	Prüfer Georgi, Jan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 16 1689

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-07-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014321961 A1	30-10-2014	US 2014321961 A1 WO 2013180953 A1	30-10-2014 05-12-2013
US 2012171046 A1	05-07-2012	CN 102619574 A DE 102011057129 A1 FR 2970032 A1 JP 5965633 B2 JP 2012140932 A US 2012171046 A1	01-08-2012 05-07-2012 06-07-2012 10-08-2016 26-07-2012 05-07-2012
US 2014096538 A1	10-04-2014	CN 104704202 A EP 2912273 A1 JP 2015531451 A US 2014096538 A1 WO 2014055811 A1	10-06-2015 02-09-2015 02-11-2015 10-04-2014 10-04-2014
US 2012163995 A1	28-06-2012	DE 102011121634 A1 US 2012163995 A1	28-06-2012 28-06-2012
EP 2489838 A2	22-08-2012	EP 2489838 A2 US 2013343872 A1	22-08-2012 26-12-2013
EP 2700787 A1	26-02-2014	CN 103459776 A EP 2700787 A1 JP 5655210 B2 JP 5852208 B2 JP 2015025458 A JP WO2012144244 A1 KR 20130122689 A US 2012269615 A1 WO 2012144244 A1	18-12-2013 26-02-2014 21-01-2015 03-02-2016 05-02-2015 28-07-2014 07-11-2013 25-10-2012 26-10-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82