

(19)



(11)

EP 4 170 182 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.04.2023 Patentblatt 2023/17

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 29/28^(2006.01) F04D 29/30^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21204241.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F04D 29/284; F04D 29/30; F05D 2240/301;
F05D 2240/307; F05D 2250/292**

(22) Anmeldetag: **22.10.2021**

(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: **Siemens Energy Global GmbH & Co.
KG**
81739 München (DE)

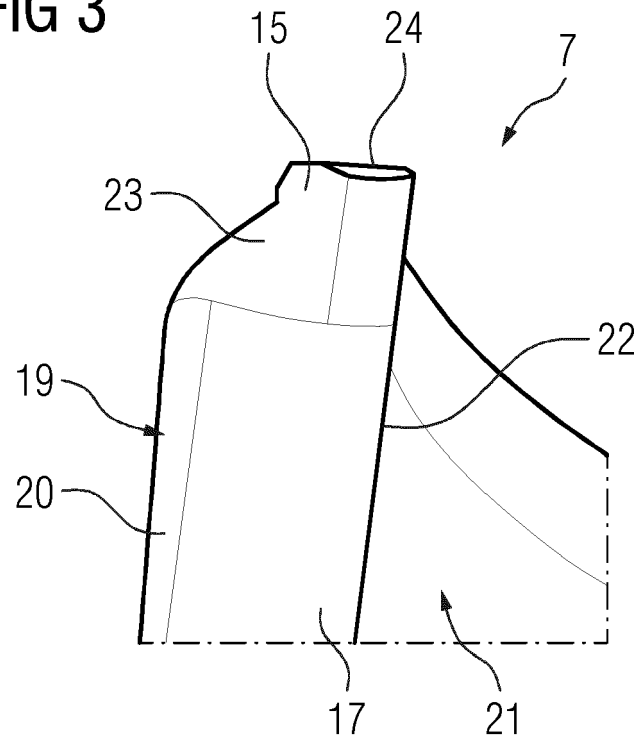
(72) Erfinder: **Jahrmarcht, Steffen**
47166 Duisburg (DE)

(54) **LAUFRADSCHAUFEL FÜR EINEN RADIALTURBOVERDICHTER**

(57) Laufradschaufel (7) für ein Laufrad (2) eines Radialverdichters (1), wobei die Laufradschaufel (7) eine Laufradschaufelspitze (15) aufweist, die im Betrieb einer

Gehäuseinnenwand (16) gegenüberliegt, wobei die Laufradschaufelspitze (15) verjüngt ausgebildet ist.

FIG 3



EP 4 170 182 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufradschaufel für ein Laufrad eines Radialturboverdichters, wobei die Laufradschaufel eine Laufradschaufelspitze aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand gegenüberliegt.

[0002] Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Herstellung einer Laufradschaufel für ein Laufrad eines Radialturboverdichters, wobei die Laufradschaufel eine Laufradschaufelspitze aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand gegenüberliegt.

[0003] Strömungsmaschinen, wie z.B. Turboverdichter, insbesondere Radialverdichter umfassen unter anderem einen um eine Rotationsachse rotierbaren Teil und einen um den rotierbaren Teil angeordneten statischen Teil. Im Betrieb strömt ein Strömungsfluid in die Strömungsmaschine und wird dort durch so genannte Laufräder umgelenkt. Der Druck und die Temperatur des Strömungsfluides werden dabei erhöht.

[0004] Die Laufräder umfassen in der Regel Laufradschaufeln. Die Laufräder sind die Kernkomponenten eines Turboverdichters. Je nach Anwendung des Verdichters werden gemäß den zu erfüllenden Anforderungen unterschiedliche Laufradtypen ausgewählt. Halboffene Laufräder werden in der Regel für Anwendungen ausgewählt, bei denen eine hohe Umfangsgeschwindigkeit am Außendurchmesser des Laufrades resultiert. Dies sind häufig Anwendungen im Bereich der Getriebeverdichter, aber auch im Bereich der Einwellenradialverdichter. Halboffene Radiallaufräder werden mit einem kleinen Spalt zu dem statischen Teil betrieben, welcher einen direkten Einfluss auf den Wirkungsgrad des Verdichters hat.

[0005] Der Spalt zwischen dem rotierbaren Teil und dem statischen Teil hat hierbei einen großen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Je kleiner dieser Spalt ist, umso besser ist der Wirkungsgrad.

[0006] Einerseits muss der Spalt zwischen dem Laufrad und einem Kontourring, der Teil des statischen Teils ist und auch als Stator bezeichnet werden kann, möglichst gering sein, um den bestmöglichen Wirkungsgrad zu erreichen. Andererseits muss durch einen angemessenen Spalt ein sicherer Betrieb gewährleistet und das Risiko eines Anstreichens minimiert werden. Dazu müssen bei der Spaltauslegung die Rahmenbedingungen der Maschine, wie zum Beispiel Fliehkraftaufweitung, thermische Dehnung, Schwingungen, etc. berücksichtigt werden. Durch das Aufbringen einer Einlaufschicht kann der Spalt zwischen Laufrad und Kontourring kleiner ausgeführt werden, um so den Wirkungsgrad der Maschine zu verbessern.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laufradschaufel für einen Radialverdichter anzugeben, die im Betrieb eine verbesserte Strömungsführung zeigt.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Laufradschaufel für ein Laufrad eines Radialturboverdichters, wobei die Laufradschaufel eine Laufradschaufelspitze aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand ge-

genüberliegt, wobei die Laufradschaufelspitze verjüngt, ausgebildet ist.

[0009] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Herstellung einer Laufradschaufel anzugeben, die im Betrieb eine verbesserte Strömungsführung zeigt.

[0010] Die auf das Verfahren hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Laufradschaufel für ein Laufrad eines Radialturboverdichters, wobei die Laufradschaufel eine Laufradschaufelspitze aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand gegenüberliegt, wobei die Laufradschaufelspitze verjüngt ausgebildet wird.

[0011] Mit der Erfindung wird somit der Weg verfolgt, eine zusätzliche Kontur, nämlich eine Verjüngung, angepasst auf die thermodynamischen Bedingungen, auf die Laufradschaufelspitze der Laufradschaufel aufzubringen.

[0012] Es hat sich gezeigt, dass gerade in diesem Bereich des Spaltes zwischen der Laufradschaufel und dem Gehäuseinnenteil die Geometrie der Laufradschaufelspitze einen Einfluss hat auf die Strömungsbedingungen und somit auch auf den Wirkungsgrad. Durch die Verjüngung der Laufradschaufelspitze treten weniger Verwirbelungen und Sekundärströmungen auf.

[0013] Durch die optimierte Schaufelspitzenkontur kann die Leckage bei gleichbleibendem Spalt verringert und dadurch der Wirkungsgrad der Maschine verbessert werden. Der Spalt kann bei gleichbleibendem Wirkungsgrad vergrößert werden, um die Betriebssicherheit weiter zu steigern.

[0014] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] In einer ersten vorteilhaften Weiterbildung weist die Laufradschaufel eine Eintrittskante und eine Austrittskante auf, wobei die Laufradschaufelspitze von der Eintrittskante bis zur Austrittskante durchgängig verjüngt, ausgebildet ist.

[0016] Im Betrieb wird die Laufradschaufel auf einem Laufrad eingesetzt, das wiederum in einem Turboverdichter zum Einsatz kommt, wobei durch den Turboverdichter ein Strömungsfluid strömt. Das Strömungsfluid trifft zunächst auf die Eintrittskante der Laufradschaufel und wird von dort in Folge der Profilierung der Laufradschaufel derart umgelenkt, dass das Strömungsfluid an der Austrittskante den Bereich des Laufrades verlässt.

[0017] Vorteilhafterweise wird nun die verjüngte Laufradschaufelspitze entlang der gesamten Länge der Laufradschaufel, von der Eintrittskante bis zur Austrittskante ausgebildet.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die Laufradschaufel eine Saugseite mit einer Saugseitenwand und eine Druckseite mit einer Druckseitenwand auf, wobei die Laufradschaufelspitze sowohl an der Druckseitenwand als auch an der Saugseitenwand die Verjüngung aufweist.

[0019] Es können Strömungssituationen vorkommen,

in denen es eine vorteilhafte Weiterbildung darstellt, wenn die Laufradschaukel eine Saugseite mit einer Saugseitenwand und eine Druckseite mit einer Druckseitenwand aufweist,

wobei die Laufradschaukelspitze nur an der Druckseitenwand verjüngt, ausgebildet ist.

[0020] Somit wird in dieser vorteilhaften Weiterbildung die Verjüngung nicht auf beiden Seiten ausgeführt, und zwar sowohl auf der Saugseite als auch auf der Druckseite, sondern lediglich auf der Druckseitenwand.

[0021] Der Knick, der zu einer Verjüngung der Laufradschaukelspitze führt, ist somit lediglich auf der Druckseite ausgebildet. Die gegenüberliegende Saugseite weist hingegen keinen Knick auf, im Bereich der Laufradschaukelspitze. Im Querschnitt gesehen würde die Saugseite demnach gerade ausgebildet sein.

[0022] Es können aber auch andere Strömungssituationen vorkommen, in denen es eine vorteilhafte Weiterbildung darstellt, wenn die Laufradschaukel eine Saugseite mit einer Saugseitenwand und eine Druckseite mit einer Druckseitenwand aufweist, wobei die Laufradschaukelspitze nur auf der Saugseitenwand verjüngt, ausgebildet ist.

[0023] Somit wird in dieser vorteilhaften Weiterbildung die Verjüngung nicht auf beiden Seiten ausgeführt, und zwar sowohl auf der Saugseite als auch auf der Druckseite, sondern lediglich auf der Saugseitenwand.

[0024] Der Knick, der zu einer Verjüngung der Laufradschaukelspitze führt, ist somit lediglich auf der Saugseite ausgebildet. Die gegenüberliegende Druckseite weist hingegen keinen Knick auf, im Bereich der Laufradschaukelspitze. Im Querschnitt gesehen würde die Druckseite demnach gerade ausgebildet sein.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die Laufradschaukel zwischen der Eintrittskante und der Austrittskante einen Mittenbereich auf, wobei im Bereich der Eintrittskante die Laufradschaukelspitze nur auf der Saugseitenwand verjüngt ausgebildet ist, wobei im Mittenbereich die Laufradschaukelspitze sowohl an der Druckseitenwand als auch an der Saugseitenwand die Verjüngung aufweist, wobei im Bereich der Austrittskante die Laufradschaukelspitze nur auf der Druckseitenwand verjüngt ausgebildet ist.

[0026] Somit wird vorgeschlagen, die Verjüngung entlang der Laufradschaukelspitze von der Eintrittskante bis zur Austrittskante derart zu gestalten, dass ein Wechsel der Verjüngung von der Eintrittskante bis zur Austrittskante erfolgt, wobei in der Mitte die Verjüngung beidseitig erfolgt. Die Verjüngung wechselt mit anderen Worten die Seite, zunächst von der Saugseitenwand, zur anderen Seite, bis zur Druckseitenwand. Der sichtbare Knick, der zur Verjüngung führt, ist demnach an der Eintrittskante nur an der Saugseite zu sehen, wohingegen der Knick an der Austrittskante nur an der Druckseite zu sehen ist. Im Mittenbereich ist der Knick auf beiden Seiten zu sehen, sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite.

[0027] Es können Strömungssituationen vorkommen,

die zu einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung führen. In dieser vorteilhaften Weiterbildung weist die Laufradschaukel zwischen der Eintrittskante und der Austrittskante einen Mittenbereich auf, wobei im Bereich der Eintrittskante die Laufradschaukelspitze nur auf der Druckseitenwand verjüngt ausgebildet ist, wobei im Mittenbereich die Laufradschaukelspitze sowohl an der Druckseitenwand als auch auf der Saugseitenwand die Verjüngung aufweist, wobei im Bereich der Austrittskante die Laufradschaukelspitze nur auf der Saugseitenwand verjüngt ausgebildet ist.

[0028] Hiermit wird der konträre Weg eingeschlagen, wobei der Knick, der für die Verjüngung erforderlich ist, in diesem Fall auf der jeweils anderen Seite als in der vorhergehenden Weiterbildung angeordnet ist, wobei der Mittenbereich im Wesentlichen gleich ausgeführt ist und die Verjüngung auf beiden Seiten erfolgt.

[0029] Im Folgenden ist die Erfindung anhand spezieller Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert.

[0030] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0031] Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0032] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese sollen die Ausführungsbeispiele nicht maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0033] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0034] Darin zeigen:

- Figur 1 eine Darstellung eines Radialverdichters,
- Figur 2 eine perspektivische Darstellung eines Laufrades
- Figur 3 eine teilperspektivische Darstellung der Laufradschaukelspitze an der Eintrittskante
- Figur 4 eine teilperspektivische Darstellung der Laufradschaukelspitze im Mittelbereich
- Figur 5 eine teilperspektivische Darstellung der Laufradschaukelspitze an der Austrittskante
- Figur 6 eine Schnittdarstellung der Laufradschaukelspitze an der Eintrittskante

- Figur 7 eine Schnittdarstellung der Laufradschaufelspitze im Mittelbereich
- Figur 8 eine Schnittdarstellung der Laufradschaufelspitze an der Austrittskante
- Figur 9 eine schematische Darstellung der Laufradschaufelspitze von oben gesehen
- Figur 10 eine schematische Darstellung der Laufradschaufelspitze von oben gesehen in einer ersten alternativen Ausführungsform
- Figur 11 eine schematische Darstellung der Laufradschaufelspitze von oben gesehen in einer zweiten alternativen Ausführungsform

[0035] Begriffe wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung sind auf eine Achse X eines Rotors bezogen, wenn dies nicht anders angegeben ist.

[0036] Die Figur 1 zeigt eine bekannte radiale Strömungsmaschine in einer (vereinfachten) Schnittdarstellung. Bei der dargestellten Strömungsmaschine handelt es sich um einen Verdichter, insbesondere einen Radialverdichter 1.

[0037] Die Strömungsmaschine umfasst unter anderem ein radiales Laufrad 2, welches um eine Rotationsachse 3 rotierbar gelagert ist. Das Laufrad 2 weist eine axiale Zuströmung 4 sowie eine radiale Abströmung 5 auf.

[0038] Darüber hinaus umfasst das Laufrad 2 eine Nabe 6 sowie radial von der Nabe 6 abstehende Laufradschaufeln 7. Zwischen den Laufradschaufeln 7 sind Strömungskanäle ausgebildet, welche von einem Strömungsfluid durchströmbar sind. Des Weiteren ist die Nabe 6 mit einer figürlich nicht dargestellten Welle des Radialverdichters 1 verbunden.

[0039] Außerdem weist das Laufrad 2 eine Radscheibe 8 auf, die einteilig mit der Nabe 6 ausgebildet ist und die Laufradschaufeln 7 miteinander verbindet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Laufrad 2 ein sogenanntes halboffenes Laufrad, also ein Laufrad ohne Deckscheibe. Es sind auch alternative Ausführungsformen bekannt, bei denen das Laufrad 2 ein sogenanntes geschlossenes Laufrad ist, also ein Laufrad mit einer Deckscheibe.

[0040] Weiterhin umfasst der Radialverdichter 1 ein Gehäuse 9, in welchem das Laufrad 2 platziert ist. Ein Teil des Gehäuses 9 ist als Spiralgehäuse ausgebildet. Das heißt, das Gehäuse 9 weist einen Spiralgehäuseteil 10 mit einem spiralförmigen Hohlraum 11 auf.

[0041] Ferner weist der Verdichter einen ringförmigen, bezüglich der Rotationsachse 3 axialsymmetrischen Diffusor 12 auf, welcher als eine Hohlkammer bzw. als ein Kanal im Gehäuse 9 ausgebildet ist. Der Diffusor 12 ist um einen Umfang des Laufrads 2 herum angeordnet und ist als Radialdiffusor ausgebildet. Außerdem mündet der Diffusor 12 in den Spiralgehäuseteil 10 bzw. in dessen

Hohlraum 11.

[0042] Darüber hinaus ist in Figur 1 ein Austrittsdurchmesser 13 des Laufrads 2 in Form eines Doppelpfeils kenntlich gemacht.

5 **[0043]** Des Weiteren weist der Diffusor 12 eine Mehrzahl von Diffusorscheufeln 14 auf. Das heißt, der Diffusor 12 ist ein beschauelter Diffusor. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist der Diffusor 12 sechs Diffusorscheufeln 14 auf von denen in Figur 1 lediglich zwei erkennbar sind. Grundsätzlich könnte der Diffusor 12 aber auch eine andere Anzahl von Diffusorscheufeln 14 aufweisen.

[0044] Der Verdichter 1 wird zum Verdichten eines Strömungsfluids, wie z.B. Luft, eingesetzt. Während des Betriebs des Radialverdichters 1 strömt das Strömungsfluid axial durch die axiale Zuströmung 4 in das Laufrad 2 bzw. in die durch die Laufradschaufeln 7 gebildeten Strömungskanäle ein. Das Strömungsfluid wird durch das Laufrad 2 in Rotation versetzt und verlässt das Laufrad 2 radial nach außen durch die radiale Abströmung 5.

20 **[0045]** Von dort strömt das aus dem Laufrad 2 austretende Strömungsfluid in den Diffusor 12. Der Diffusor 12 wandelt einen Teil der kinetischen Energie des Fluids in potenzielle Energie in Form von Druck um und führt das Fluid in den Hohlraum 11 des Spiralgehäuseteils 10.

[0046] Die Laufradschaufel 7 weist eine Laufradschaufelspitze 15 auf, die einer Gehäusinnenwand 16 gegenüberliegt. Zwischen der Laufradschaufelspitze 15 und der Gehäusinnenwand 16 ist ein Spalt, der im Betrieb des Radialverdichters 1 möglichst gering sein sollte.

30 **[0047]** Das Strömungsfluid strömt in der axialen Zuströmung 4 dem Laufrad 2 und insbesondere den Laufradschaufeln 7 entgegen und trifft dort auf Eintrittskanten 17 der Laufradschaufeln, wobei das Strömungsfluid entlang der Laufradschaufel 7 entlangströmt und an einer Austrittskante 18 der Laufradschaufel 7 das Laufrad 2 verlässt und von dort in den Diffusor 12 strömt.

[0048] Die Figur 2 zeigt das Laufrad 2 mit den einzelnen Laufradschaufeln 7. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden lediglich zwei Laufradschaufeln 7 mit einem Bezugszeichen versehen. Die Laufradschaufeln 7 sind identisch zueinander ausgebildet.

35 **[0049]** Jede Laufradschaufel 7 weist eine Eintrittskante 17 und eine Austrittskante 18 auf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich bei einer Laufradschaufel die Eintrittskante 17 und die Austrittskante 18 mit einem Bezugszeichen versehen.

[0050] Im Betrieb rotiert das Laufrad 2 in der perspektivischen Ansicht der Figur 2 in Uhrzeigerichtung.

50 **[0051]** Die Laufradschaufel 7 weist eine Saugseite 19 mit einer Saugseitenwand 20 und eine Druckseite 21 mit einer Druckseitenwand 22 auf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich an einer Laufradschaufel 7 die Saugseite 19 und die Saugseitenwand 20 sowie Druckseite 21 und die Druckseitenwand 22 mit einem Bezugszeichen versehen.

55 **[0052]** Im Betrieb strömt das Strömungsmedium entlang der Saugseitenwand 20 und der Druckseitenwand

22.

[0053] Jede Laufradschaukel 7 weist in der Figur 2 eine Laufradschaukelspitze 15 auf, die der Gehäuseinnenwand 16 gegenüberliegt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich an einer Laufradschaukel 7 die Laufradschaukelspitze 15 mit einem Bezugszeichen versehen.

[0054] Die Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Laufradschaukel 7 in einer perspektivischen Ansicht. Die Blickrichtung ist hierbei auf die Eintrittskante 17 gerichtet.

[0055] Um die Strömungsverluste zwischen der Laufradschaukelspitze 15 und der Gehäuseinnenwand 16 zu minimieren ist die Laufradschaukelspitze 15 verjüngt ausgebildet. Dabei hängt es von den im Betrieb auftretenden Strömungsbedingungen ab, wie die Verjüngung idealerweise ausgebildet sein sollte. Die Gestaltung der Laufradschaukelspitze 15 hängt vom Ergebnis einer Strömungssimulation ab, die für unterschiedliche Strömungsverhältnisse unterschiedlich aussehen kann.

[0056] Die Darstellungen der Laufradschaukelspitze 15 der folgenden Figuren sind daher als Ausführungsbeispiele zu betrachten.

[0057] In dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Laufradschaukel 7 eine Saugseite 19 mit einer Saugseitenwand 20 und eine Druckseite 21 mit einer Druckseitenwand 22 auf, wobei die Laufradschaukelspitze 15 nur auf der Saugseitenwand 20 verjüngt, ausgebildet ist und daher eine Verjüngung 23 zeigt. Wie in der Figur 3 zu sehen, ist die Laufradschaukelspitze 15 an der Druckseitenwand 22 geradlinig ausgebildet. Es ist somit kein Unterschied zwischen einem Laufradschaukelblatt und der Laufradschaukelspitze 15 zu sehen, wenn nur die Blickrichtung auf die Druckseitenwand 22 gerichtet ist. In einer Blickrichtung von oben auf die Laufradschaukelspitze 15 ist eine Anstreifkante 24 ausgebildet, die der Gehäuseinnenwand 16 gegenüberliegt. Der Übergang zwischen der Anstreifkante 24 und der Druckseitenwand 22 ist im Wesentlichen rechtwinklig.

[0058] Auf der Saugseite 19 hingegen ist die Saugseitenwand 20 zur Anstreifkante 24 hin im Wesentlichen schräg ausgebildet, was durch eine Materialabtragung erfolgen kann.

[0059] Die Figur 4 zeigt eine perspektivische Darstellung der Laufradschaukelspitze 15 in einem Mittelbereich 35, der entlang der Laufradschaukelspitze 15 entlang zwischen der Eintrittskante 17 und der Austrittskante 18 ausgebildet ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit, ist in der Figur 2 der Mittelbereich 35 lediglich an einer Laufradschaukel 7 mit einem Bezugszeichen versehen.

[0060] Die Figur 4 zeigt hierbei einen Schnitt durch den Mittelbereich 35.

[0061] Der Unterschied zu der Figur 3 ist, dass die Laufradschaukelspitze 15 sowohl an der Druckseitenwand 22 als auch an der Saugseitenwand 20 die Verjüngung 23 aufweist.

[0062] Die Figur 5 wiederum zeigt die geometrischen Verhältnisse an der Austrittskante 18. Die Laufradschaukelspitze 15 ist hierbei derart ausgebildet, dass die Laufradschaukelspitze 15 nur auf der Druckseitenwand 22

verjüngt ausgebildet ist und dort die Verjüngung 23 zeigt.

[0063] Die Figuren 6 bis 8 sollen die geometrischen Verhältnisse der Laufradschaukelspitze 15 näher beschreiben.

[0064] Die Figur 6 zeigt exemplarisch die Situation an der Eintrittskante 17 in einer Schnittdarstellung. Die Anstreifkante 24 bildet ein oberes Ende der Laufradschaukelspitze 15 und ist unter Bildung eines Spaltes 26 gegenüber der Gehäuseinnenwand 16 angeordnet. Die Anstreifkante 24 und die Gehäuseinnenwand 16 sind an dieser Stelle im Wesentlichen parallel zueinander ausgebildet.

[0065] Die Laufradschaukel 7 weist eine Dicke 26 und eine Höhe 27 auf. Der obere Bereich 28 der Laufradschaukel 7 wird als Laufradschaukelspitze 15 bezeichnet. Die Verjüngung 23 ist durch einen Knick 29 charakterisiert, der dazu führt, dass die Dicke 26 der Laufradschaukel 7 zur Anstreifkante 24 hin geringer wird. Eine Breite der Anstreifkante 30 liegt hierbei bei 20 % bis 50%, vorzugsweise 25% bis 35% der Dicke 26.

[0066] Der obere Bereich 28 liegt hierbei bei 1% bis 10%, vorzugsweise 1 bis 5%, besonders bevorzugt bei 1 bis 3% der Höhe 27 der Laufradschaukel 7.

[0067] Die Verjüngung 23 wird durch einen Wendepunkt 31 beschrieben, der mathematisch betrachtet einen Steigungswechsel an diesem Punkt darstellt. Der Wendepunkt 31 kann somit als Übergangspunkt bezeichnet werden, an dem die Verjüngung 23 von einer konvexen Oberfläche zu einer konkaven Oberfläche wechselt.

[0068] Des Weiteren liegt die Länge des Wendepunktes 34 im Wesentlichen bei 45% bis 55% des oberen Bereiches 28.

[0069] Die Verjüngung 23 ist in diesem Ausführungsbeispiel auf der Saugseite 19 angeordnet. Die Druckseite 21 weist hingegen keine Verjüngung 23 auf. In alternativen Ausführungsformen ist die Verjüngung 23 auf der Druckseite 21 angeordnet, wobei die Saugseite 19 hierbei keine Verjüngung aufweist.

[0070] Die Figur 7 zeigt die Situation in dem Mittelbereich 35. Die Verjüngung 23 ist hierbei sowohl auf der Druckseite 21 als auch auf der Saugseite 19 angeordnet. Die Laufradschaukelspitze 15 ist symmetrisch zur Mitte der Dicke 26 ausgebildet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich die Verjüngung 23 auf der Saugseite mit Bezugszeichen versehen. Die geometrischen Bedingungen für die Druckseite 21 sind im Wesentlichen gleich. Für die geometrischen Verhältnisse gelten die gleichen Bedingungen wie bei der Laufradschaukelspitze 15 gemäß Figur 6.

[0071] Die Figur 8 zeigt die Situation an der Austrittskante 18. Im Grunde ist die Laufradschaukelspitze 15 gemäß Figur 6 und der Laufradschaukelspitze 15 gemäß Figur 8 einander im Wesentlichen gleich. Die Laufradschaukelspitze 15 der Figur 6 ist spiegelbildlich zu der Laufradschaukelspitze 15 gemäß Figur 8 ausgebildet.

[0072] Es gelten die gleichen geometrischen Bedingungen.

[0073] Die Figuren 9 bis 11 zeigen eine schematische Draufsicht auf die Laufradschaukel 15 von oben gesehen. Der besseren Darstellung geschuldet ist die Laufradschaukel 7 geradlinig dargestellt.

[0074] Die Blickrichtung bei den Figuren 9 bis 11 ist sozusagen von einem Beobachter von der Gehäuseinnenwand 16 aus. Dabei sollen die Figuren 9 alternative Ausführungsbeispiele zeigen.

[0075] In der Figur 9 ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem die Verjüngung 23 an der Eintrittskante 17 auf der Saugseite 19 angeordnet ist, wobei an der Austrittskante 18 die Verjüngung 23 auf der Druckseite 21 angeordnet ist. Die Verjüngung 23 wechselt entlang der Laufradschaukel 15 von der Saugseite 19 auf die Druckseite 21, wobei im Mittelbereich 35 die Verjüngung 23 auf beiden Seiten, sowohl auf der Druckseite 21 als auch auf der Saugseite 19 ausgebildet ist.

[0076] In einer nicht dargestellten alternative Ausführungsform ist die Verjüngung 23 an der Eintrittskante 17 auf der Druckseite 21 angeordnet ist, wobei an der Austrittskante 18 die Verjüngung 23 auf der Saugseite 19 angeordnet ist. Die Verjüngung 23 wechselt entlang der Laufradschaukel 15 von der Druckseite 21 auf die Saugseite 19, wobei im Mittelbereich 35 die Verjüngung 23 auf beiden Seiten, sowohl auf der Druckseite 21 als auch auf der Saugseite 19 ausgebildet ist.

[0077] Die Figur 10 zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der die Verjüngung 23 ausschließlich auf der Saugseite 19 von der Eintrittskante 17 bis zur Austrittskante 18 ausgebildet ist.

[0078] Die Figur 11 zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der die Verjüngung 23 ausschließlich auf der Druckseite 21 von der Eintrittskante 17 bis zur Austrittskante 18 ausgebildet ist.

Patentansprüche

1. Laufradschaukel (7) für ein Laufrad (2) eines Radialverdichters (1),

wobei die Laufradschaukel (7) eine Laufradschaukel 15 aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand (16) gegenüberliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufradschaukel 15 verjüngt ausgebildet ist.

2. Laufradschaukel (7) nach Anspruch 1,

wobei die Laufradschaukel (7) eine Eintrittskante (17) und eine Austrittskante (18) aufweist, wobei die Laufradschaukel 15 von der Eintrittskante (17) bis zur Austrittskante (18) durchgängig verjüngt ausgebildet ist.

3. Laufradschaukel (7) nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Laufradschaukel (7) eine Saugseite (19) mit einer Saugseitenwand (20) und eine Druckseite (21) mit einer Druckseitenwand (22) aufweist,

wobei die Laufradschaukel 15 sowohl auf der Druckseitenwand (22) als auch auf der Saugseitenwand (20) die Verjüngung (23) aufweist.

4. Laufradschaukel (7) nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Laufradschaukel (7) eine Saugseite (19) mit einer Saugseitenwand (20) und eine Druckseite (21) mit einer Druckseitenwand (22) aufweist,

wobei die Laufradschaukel 15 nur auf der Druckseitenwand (22) verjüngt ausgebildet ist.

5. Laufradschaukel (7) nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Laufradschaukel (7) eine Saugseite (19) mit einer Saugseitenwand (20) und eine Druckseite (21) mit einer Druckseitenwand (22) aufweist,

wobei die Laufradschaukel 15 nur auf der Saugseitenwand (20) verjüngt ausgebildet ist.

6. Laufradschaukel (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

wobei die Laufradschaukel (7) zwischen der Eintrittskante (17) und der Austrittskante (18) einen Mittelbereich (35) aufweist,

wobei im Bereich der Eintrittskante (17) die Laufradschaukel 15 nur auf der Saugseitenwand (20) verjüngt ausgebildet ist,

wobei im Mittelbereich (35) die Laufradschaukel 15 sowohl auf der Druckseitenwand (22) als auch auf der Saugseitenwand (20) die Verjüngung (23) aufweist,

wobei im Bereich der Austrittskante (18) die Laufradschaukel 15 nur auf der Druckseitenwand (22) verjüngt ausgebildet ist.

7. Laufradschaukel (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

wobei die Laufradschaukel (7) zwischen der Eintrittskante (17) und der Austrittskante (18) einen Mittelbereich (35) aufweist,

wobei im Bereich der Eintrittskante (17) die Laufradschaukel 15 nur auf der Druckseitenwand (22) verjüngt ausgebildet ist,

wobei im Mittelbereich (35) die Laufradschaukel 15 sowohl auf der Druckseitenwand (22) als auch auf der Saugseitenwand (20) die Verjüngung (23) aufweist,

wobei im Bereich der Austrittskante (18) die

Lauftradschaufelspitze (15) nur auf der Saugseitenwand (20) verjüngt ausgebildet ist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Lauftradschaufel (7) für ein Lauftrad (2) eines Radialverdichters (1), 5

wobei die Lauftradschaufel (7) eine Lauftradschaufelspitze (15) aufweist, die im Betrieb einer Gehäuseinnenwand (16) gegenüberliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** 10
die Lauftradschaufelspitze (15) verjüngt ausgebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, 15
wobei die Lauftradschaufelspitze (15) derart hergestellt wird, dass die Lauftradschaufelspitze (15) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

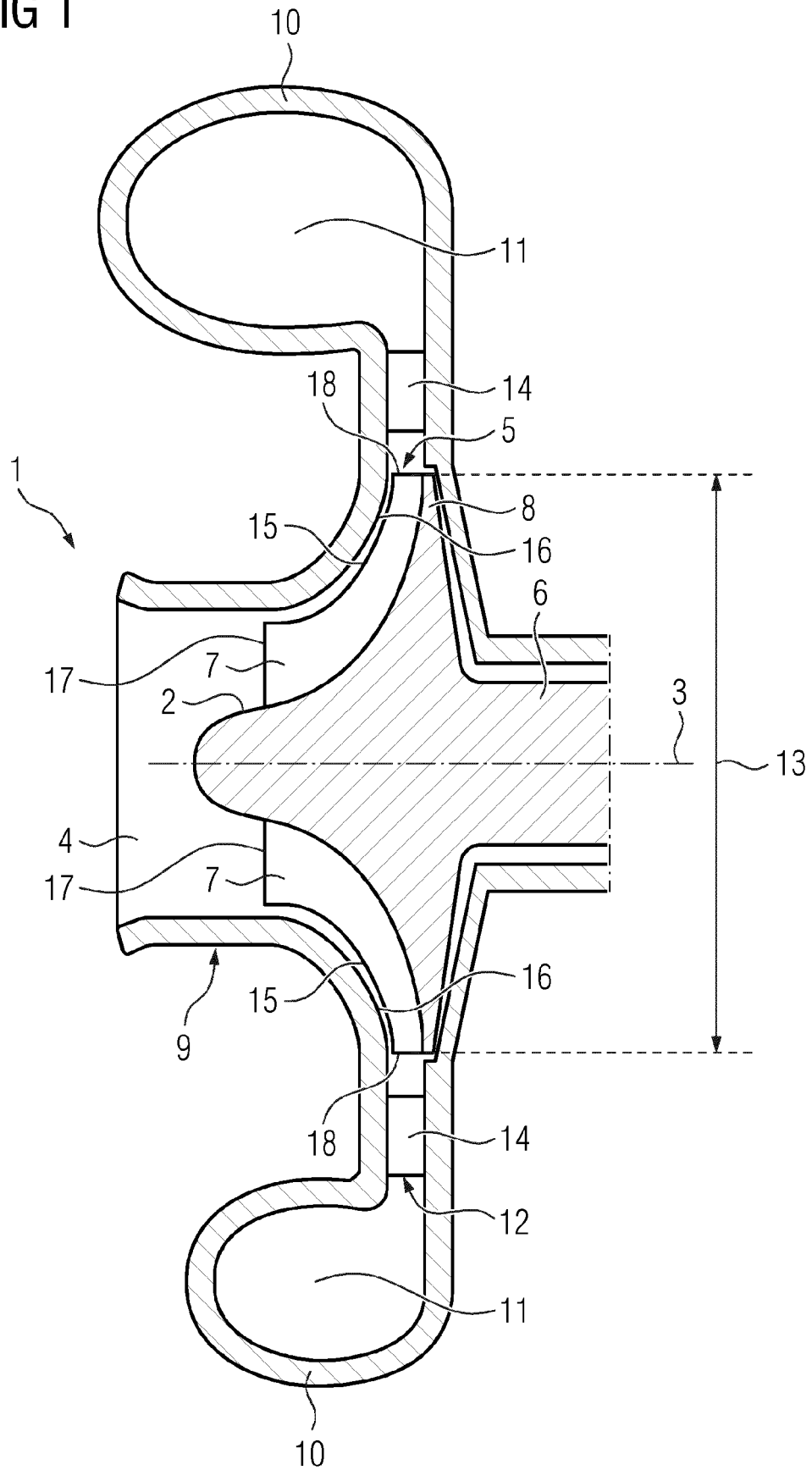


FIG 2

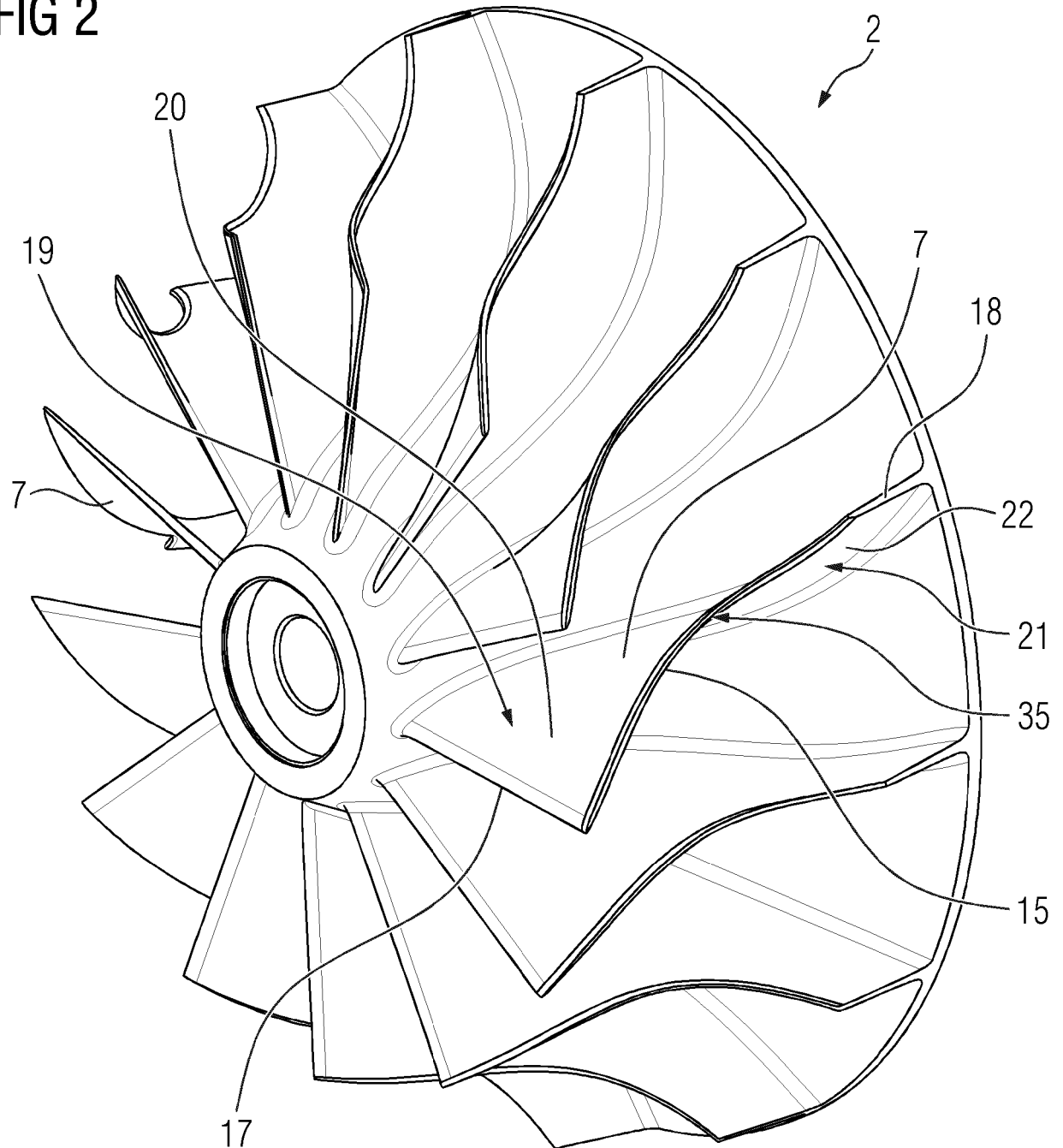


FIG 3

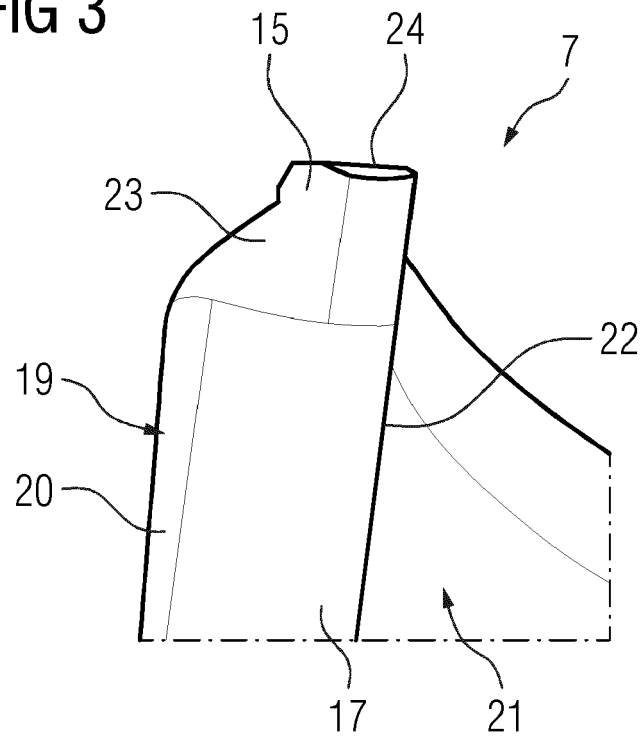


FIG 4

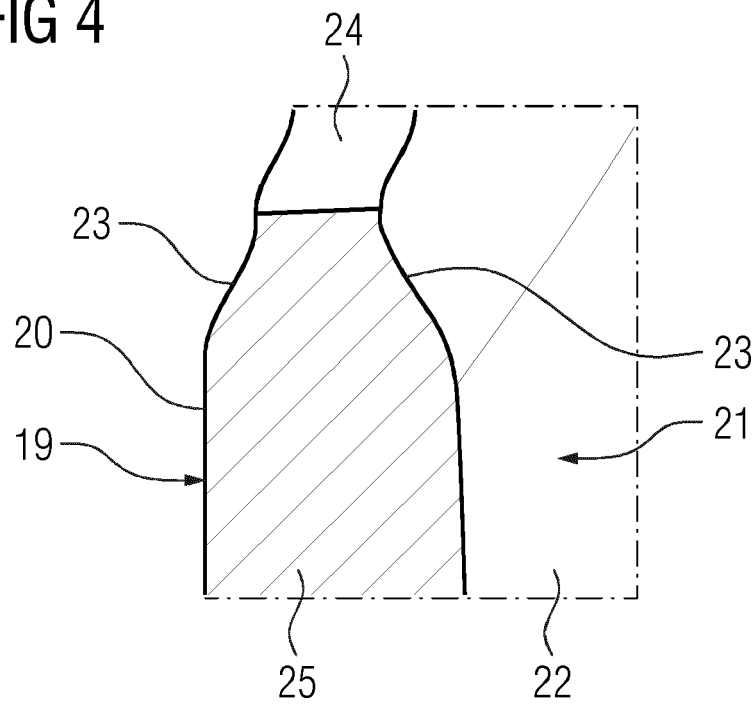


FIG 5

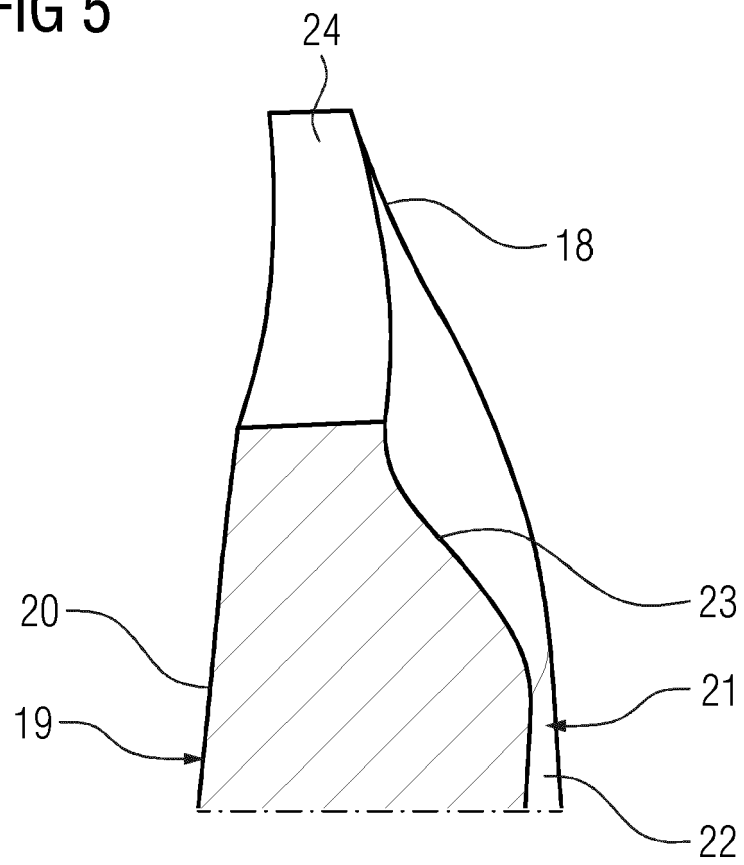


FIG 6

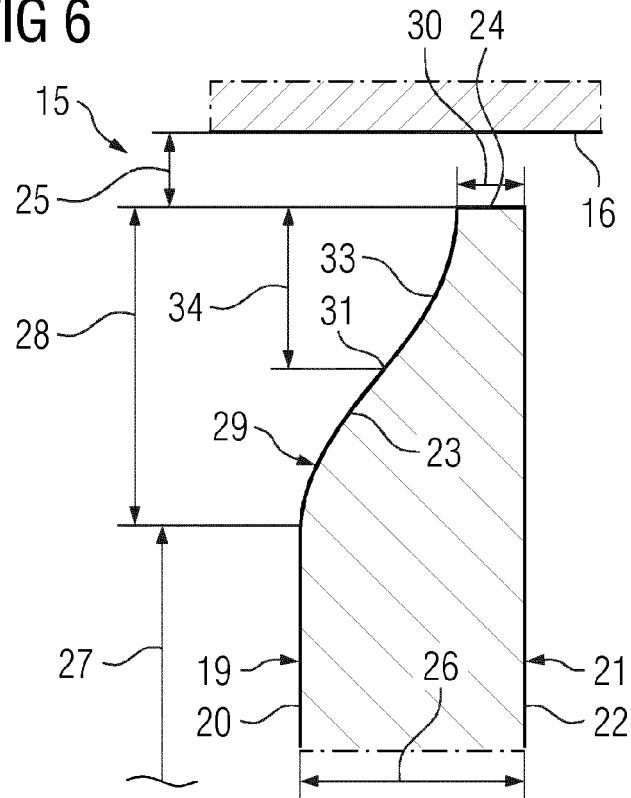


FIG 7

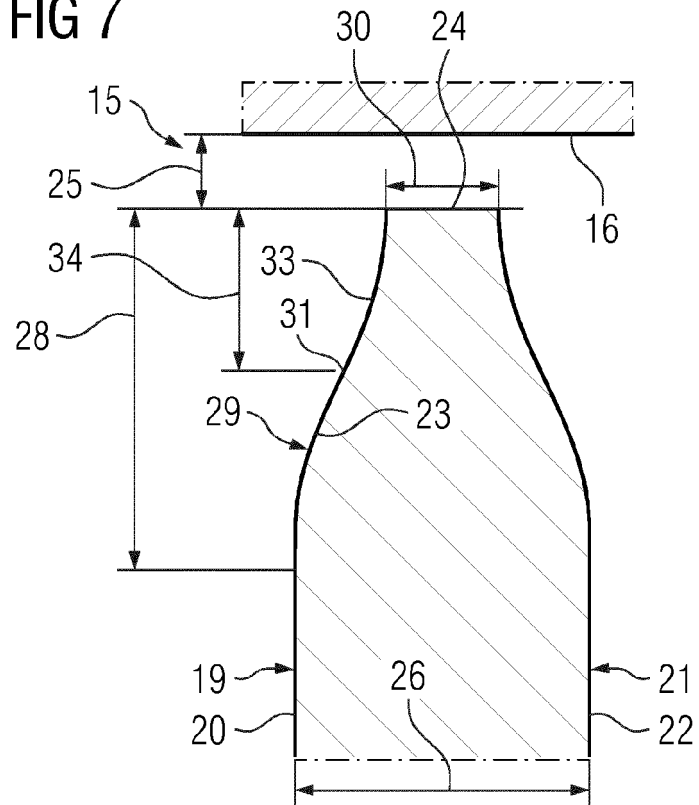


FIG 8

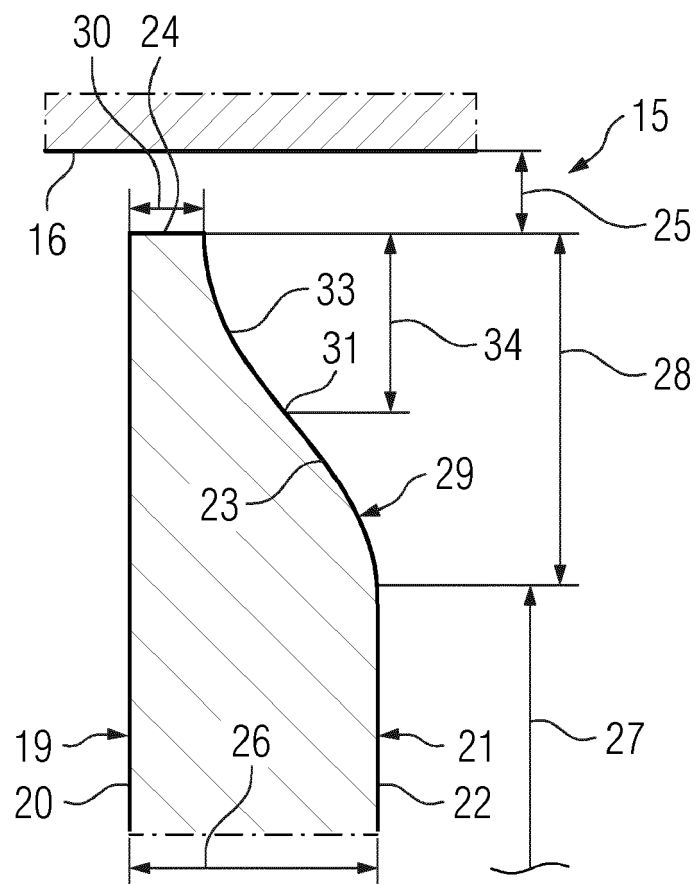


FIG 9

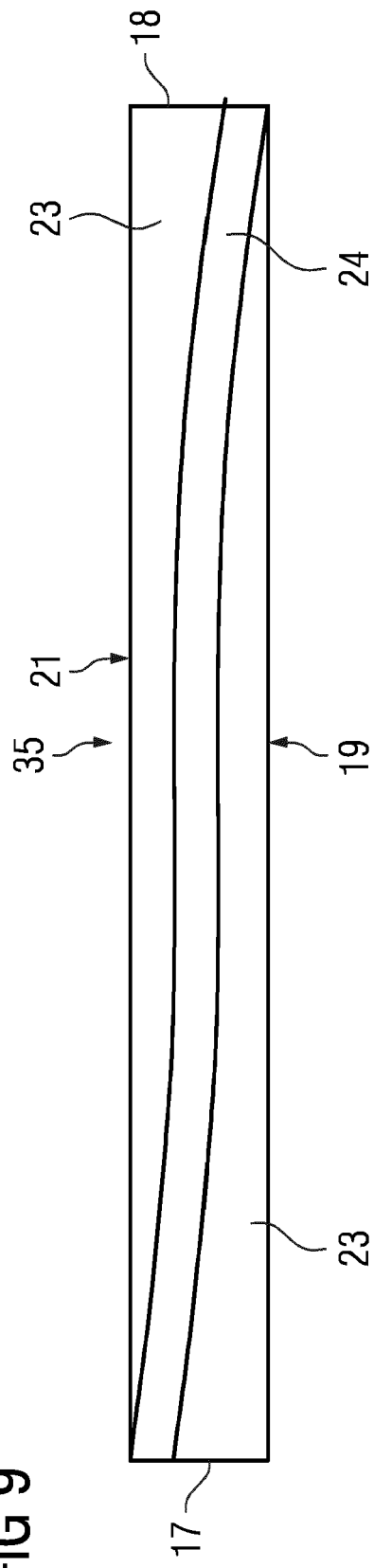


FIG 10

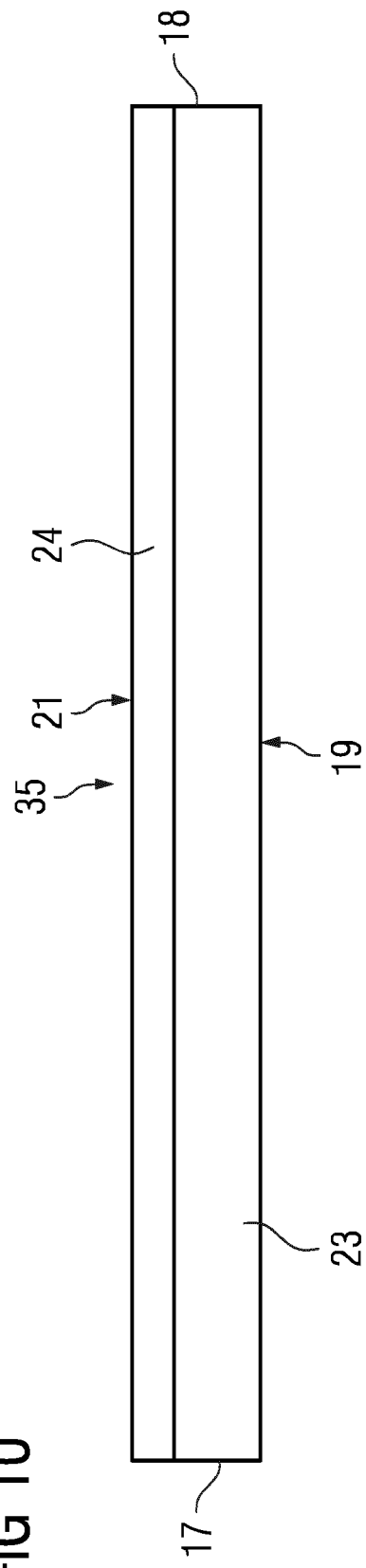
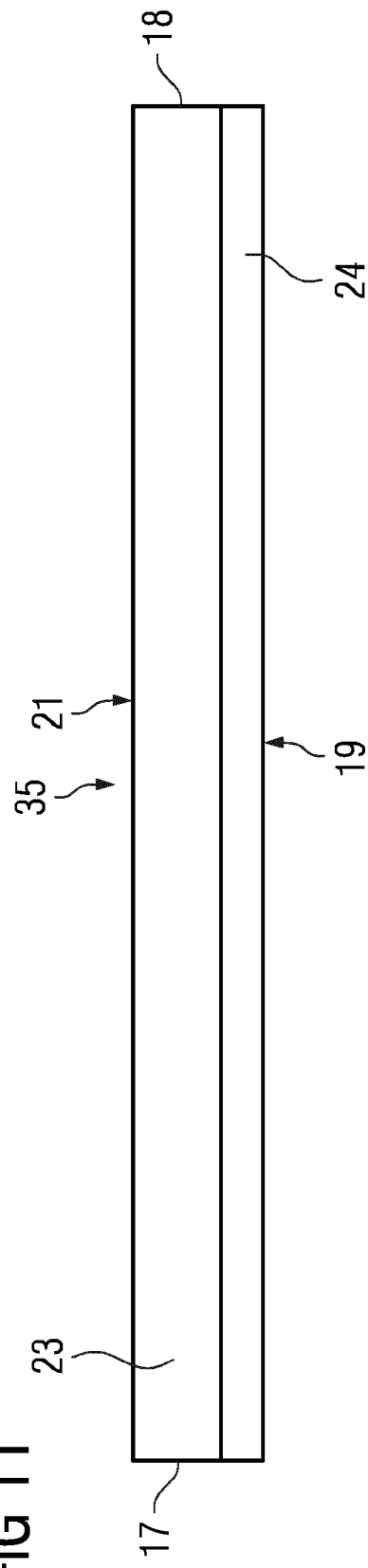


FIG 11





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 4241

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2015/086395 A1 (DEXTRAZE STEPHANIE [US] ET AL) 26. März 2015 (2015-03-26)	1-4, 8, 9	INV.
A	* Absätze [0026] - [0030] * * Abbildungen 4-7 *	5-7	F04D29/28 F04D29/30

X	US 2018/291920 A1 (GUIDOTTI EMANUELE [IT] ET AL) 11. Oktober 2018 (2018-10-11)	1, 2, 5, 8, 9	
	* Absätze [0021] - [0027] * * Abbildungen 1-3 *		

X	US 2005/260074 A1 (HIGASHIMORI HIROTAKA [JP]) 24. November 2005 (2005-11-24)	1-3, 8, 9	
	* Absätze [0055] - [0060] * * Abbildungen 9,10 *		

X	EP 3 421 724 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2. Januar 2019 (2019-01-02)	1-3, 6-9	
	* Absätze [0004], [0005], [0045], [0048] - [0066] * * Anspruch 1 * * Abbildungen 1,4-6 *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

X	EP 3 477 059 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Mai 2019 (2019-05-01)	1, 2, 4, 5, 8, 9	F04D F01D
	* Absätze [0004], [0005], [0043], [0046] - [0052], [0056] - [0062] * * Abbildungen 1,4-6,8-10 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		22. März 2022	
		Prüfer	
		Gombert, Ralf	
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	

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

EP 21 20 4241

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.

22-03-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2015086395 A1	26-03-2015	CN 104204444 A	10-12-2014
			DE 112013001507 T5	19-03-2015
			KR 20150003809 A	09-01-2015
			RU 2014145472 A	10-06-2016
			US 2015086395 A1	26-03-2015
			WO 2013162874 A1	31-10-2013
20	US 2018291920 A1	11-10-2018	BR 112017023341 A2	17-07-2018
			CA 2984878 A1	24-11-2016
			CN 107580647 A	12-01-2018
			EP 3294993 A1	21-03-2018
			JP 6761816 B2	30-09-2020
			JP 2018518624 A	12-07-2018
25			KR 20180006944 A	19-01-2018
			US 2018291920 A1	11-10-2018
			WO 2016184782 A1	24-11-2016
30	US 2005260074 A1	24-11-2005	EP 1741935 A1	10-01-2007
			JP 4545009 B2	15-09-2010
			JP 2005307967 A	04-11-2005
			KR 20060039396 A	08-05-2006
			US 2005260074 A1	24-11-2005
			WO 2005090794 A1	29-09-2005
35	EP 3421724 A1	02-01-2019	CA 3066036 A1	03-01-2019
			CN 110799730 A	14-02-2020
			EP 3421724 A1	02-01-2019
			EP 3645841 A1	06-05-2020
			RU 2729590 C1	11-08-2020
40			US 2020157952 A1	21-05-2020
			WO 2019001980 A1	03-01-2019
45	EP 3477059 A1	01-05-2019	CA 3079084 A1	02-05-2019
			CN 111263846 A	09-06-2020
			EP 3477059 A1	01-05-2019
			EP 3701127 A1	02-09-2020
			RU 2748318 C1	24-05-2021
			US 2020362876 A1	19-11-2020
			WO 2019081471 A1	02-05-2019

EPO FORM P0461

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