

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
01. Februar 2018 (01.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/019401 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01D 5/04 (2006.01) *F04D 29/28* (2006.01)
F02C 6/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000779

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2017 (30.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 009 051.0
26. Juli 2016 (26.07.2016) DE

(71) Anmelder: DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstrasse
137, 70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: VOLPERT, Andreas; Grünblickstraße 1, 70186
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: IMPELLER FOR A ROTOR OF A TURBOCHARGER AND METHOD FOR PRODUCING SUCH AN IMPELLER

(54) Bezeichnung: LAUFRAD FÜR EINEN ROTOR EINES ABGASTURBOLADERS, SOWIE VERFAHREN ZUM
HERSTELLEN EINES SOLCHEN LAUFRADS

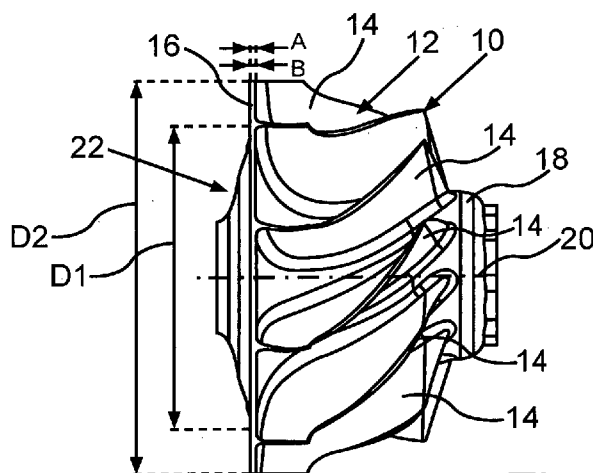


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to an impeller (10) for a rotor of a turbocharger, comprising blades (12) and a wheel back (16) which adjoins the blades (12) in the axial direction of the impeller (10). The wheel back (16) has a first sub-region (26) with a first thickness (B) and a second sub-region (24) which adjoins the first sub-region (26) radially outwards and has a second thickness (A), wherein the quotient of the second thickness (A) and the first thickness (B) equals 0.85.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Laufrad (10) für einen Rotor eines Abgasturboladers, mit einer Beschaufelung (12), und mit einem sich in axialer Richtung des Laufrads (10) an die Beschaufelung (12) anschließenden Radrücken (16), wobei der Radrücken (16) einen ersten Teilbereich (26) mit einer ersten Dicke (B) und einen sich in radialer Richtung nach außen an den ersten Teilbereich (26) anschließenden zweiten Teilbereich (24) mit einer zweiten Dicke (A) aufweist, wobei der Quotient aus zweiter Dicke (A) und erster Dicke (B) 0,85 beträgt.

WO 2018/019401 A1

LAUFRAD FÜR EINEN ROTOR EINES ABGASTURBOLADERS, SOWIE VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES SOLCHEN LAUFRADS

Die Erfindung betrifft ein Laufrad, insbesondere ein Turbinenrad, für einen Rotor eines Abgasturboladers gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Laufrads gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 5.

Ein solches Laufrad für einen Rotor eines Abgasturboladers sowie ein solches Verfahren zum Herstellen eines solchen Laufrads sind beispielsweise bereits der DE 10 2015 012 259 A1 als bekannt zu entnehmen. Das Laufrad ist beispielsweise als Turbinenrad ausgebildet, welches von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine antreibbar ist. Dabei umfasst das Laufrad eine Beschaukelung sowie einen Radrücken, welcher sich in axialer Richtung des Laufrads an die Beschaukelung anschließt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Laufrad und ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass eine besonders hohe Robustheit des Laufrads realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Laufrad mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Um ein Laufrad der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass eine besonders hohe Robustheit, insbesondere gegenüber mechanischer Belastung, realisiert werden kann, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Radrücken einen ersten Teilbereich mit einer ersten Dicke und einen sich in radialer Richtung nach außen an den ersten Teilbereich anschließenden zweiten Teilbereich mit einer zweiten Dicke aufweist, wobei der Quotient aus zweiter Dicke und

erster Dicke 0,85 beträgt. Der Quotient wird auch als Verhältnis beziehungsweise als Dickenverhältnis bezeichnet, wobei durch das beschriebene Dickenverhältnis eine Geometrie des vorzugsweise als Turbinenrad ausgebildeten Laufrads realisiert werden kann, sodass eine besonders hohe Robustheit und somit eine besonders hohe Lebensdauer, insbesondere eine besonders hohe LCF-Lebensdauer (LCF – Low Cycle Fatigue) realisiert werden können. Es wurde gefunden, dass durch die durch das Dickenverhältnis realisierbare Geometrie übermäßige Spannungsspitzen, üblicherweise hervorgerufen durch Fliehkräfte und Biegemomente, vermieden werden können. Hierdurch ist es möglich, auch besonders hohe Anforderungen zu erfüllen. Solche hohen Anforderungen werden beispielsweise im Lastkraftwagen-Bereich vorgegeben, wobei üblicherweise gefordert wird, dass der Abgasturbolader und somit das Laufrad eine Laufleistung von mindestens 1,2 Millionen Kilometern zumindest im Wesentlichen schadfrei, das heißt ohne Ausfälle, ertragen müssen.

Das genannte Dickenverhältnis ist beispielsweise durch eine mechanische Bearbeitung des zweiten Teilbereichs realisiert. Dabei ist der zweite Teilbereich vorzugsweise auf einer der Beschauelung abgewandten Rückseite des Radrückens mechanisch bearbeitet. Beispielsweise ist der zweite Teilbereich ringförmig ausgebildet, sodass sich der zweite Teilbereich, insbesondere dessen mechanische Bearbeitung, in Umfangsrichtung des Laufrads vollständig umlaufend erstreckt.

Beispielsweise ist das Laufrad durch Feingießen hergestellt. Nach dem Feingießen wird der Radrücken, insbesondere in dem zweiten Teilbereich und vorzugsweise auf der Rückseite, mechanisch bearbeitet, wodurch die zweite Dicke und somit das Dickenverhältnis hergestellt werden. Der Erfindung liegt dabei insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass Turbinenräder mit hochgezogenen Radrücken, welche auch als Fullback bezeichnet werden, üblicherweise durch Feingießen, das heißt in einem Feingussverfahren, hergestellt werden, wobei eine zusätzliche mechanische Bearbeitung des Radrückens üblicherweise unterbleibt. Aus fertigungstechnischen Gründen muss der hochgezogene Radrücken üblicherweise aufgedickt werden. Dies hat den Nachteil, dass die Robustheit und somit die Lebensdauer des Laufrads stark reduziert werden. Grund für diese Robustheits- und somit Lebensdauerreduzierung ist eine aus der Aufdickung resultierende Masseerhöhung, insbesondere in einem äußeren Bereich des Laufrads am Radrücken und eine daraus resultierende Fliehkraftbelastung. Diese Nachteile können bei dem erfindungsgemäßen Laufrad vermieden werden.

Um ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 5 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass eine besonders hohe Robustheit und somit eine hohe Lebensdauer des Laufrads realisiert werden können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Radrücken zumindest teilweise einer mechanischen Bearbeitung unterzogen wird und vor der mechanischen Bearbeitung eine erste Dicke und nach der mechanischen Bearbeitung eine zweite Dicke aufweist, wobei der Quotient aus zweiter Dicke und erster Dicke 0,85 beträgt. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Laufrads sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens anzusehen und umgekehrt.

Im Vergleich zu herkömmlichen Laufrädern stellt die mechanische Bearbeitung eine zusätzlich implementierte mechanische Bearbeitung dar, welche durch den Quotienten geometrisch beschrieben ist. Der Quotient von 0,85 bewirkt eine Lebensdauererhöhung, insbesondere eine LCF-Lebensdauererhöhung, von bis zu 80 Prozent im Vergleich zu herkömmlichen Laufrädern, insbesondere Turbinenrädern.

Vorzugsweise wird der Radrücken, insbesondere auf der Rückseite, in dem zweiten Teilbereich mechanisch bearbeitet, wobei sich der zweite Teilbereich und somit die mechanische Bearbeitung vorzugsweise in Umfangsrichtung des Laufrads vollständig umlaufend, das heißt über 360 Grad erstreckt. Die Implementierung der zusätzlichen mechanischen Bearbeitung über 360 Grad und ihre geometrische Beschreibung in Form des Dickenverhältnisses erzeugt eine signifikante Lebenssteigerung. Wird das Laufrad beispielsweise durch Feingießen hergestellt, so kann der Radrücken besonders dick abgegossen werden, sodass das Laufrad auf einfache und somit zeit- und kostengünstige Weise hergestellt werden kann. Vorzugsweise ist es vorgesehen, die mechanische Bearbeitung vor einem Wuchten des Rotors durchzuführen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

- Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines als Turbinenrad ausgebildeten Laufrads für einen Abgasturbolader, mit einer Beschaufelung und mit einem sich in axialer Richtung des Laufrads an die Beschaufelung anschließenden Radrücken, wobei der Radrücken mechanisch bearbeitet ist und dadurch ein Dickenverhältnis aufweist, welches 0,85 beträgt;
- Fig. 2 eine schematische Rückansicht des Turbinenrads;
- Fig. 3 ausschnittsweise eine schematische Seitenansicht des Turbinenrads vor der mechanischen Bearbeitung; und
- Fig. 4 ausschnittsweise eine schematische Seitenansicht des Turbinenrads nach der mechanischen Bearbeitung.

In den Fig. sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Seitenansicht ein als Turbinenrad 10 ausgebildetes Laufrad für einen Rotor eines Abgasturboladers. Das Turbinenrad 10 weist eine Beschaufelung 12 auf, welche auch als Turbinenbeschaufelung bezeichnet wird. Die Beschaufelung 12 umfasst eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung des Turbinenrads 10 aufeinanderfolgenden und beispielsweise voneinander beabstandeten Laufradschaufeln 14, welche auch als Turbinenschaufeln bezeichnet werden. Das Turbinenrad 10 weist ferner einen sich in axialer Richtung an die Beschaufelung 12 anschließenden Radrücken 16 auf, welcher beispielsweise einstückig mit der Beschaufelung 12 ausgebildet ist. Insbesondere ist der Radrücken 16 als hochgezogener Radrücken (Fullback) ausgebildet. Ferner weist das Turbinenrad 10 eine Nabe 18 auf, mit welcher die Laufradschaufeln 14 verbunden sind. Insbesondere sind die Laufradschaufeln 14 einstückig mit der Nabe 18 ausgebildet. Beispielsweise stehen die Laufradschaufeln 14 zumindest im Wesentlichen in radialer Richtung des Turbinenrads 10 von der Nabe 18 nach außen hin ab. Vorzugsweise wird das Turbinenrad 10 durch Gießen, insbesondere durch Feingießen, hergestellt, sodass das Turbinenrad 10 beispielsweise einstückig ausgebildet ist.

Der Abgasturbolader ist beispielsweise Bestandteil eines Antriebsstrangs zum Antreiben eines Kraftfahrzeugs, welches insbesondere als Kraftwagen beziehungsweise Nutzfahrzeug ausgebildet sein kann. Der Antriebsstrang umfasst dabei eine Verbrennungskraftmaschine zum Antreiben des Kraftfahrzeugs, wobei die Verbrennungskraftmaschine in ihrem gefeuerten Betrieb Abgas bereitstellt. Der Abgasturbolader weist eine Turbine auf, welche in einem von dem Abgas durchströmbaren Abgastrakt angeordnet ist. Die Turbine umfasst ein Turbinengehäuse und das Turbinenrad 10, welches drehbar in dem Turbinengehäuse aufgenommen und somit um eine Drehachse 20 relativ zu dem Turbinengehäuse drehbar ist. Dabei fällt die Drehachse 20 mit der axialen Richtung des Turbinenrads 10 zusammen.

Während des gefeuerten Betriebs kann zumindest ein Teil des Abgases das Turbinenrad 10, insbesondere die Beschaufelung 12, anströmen, wodurch das Turbinenrad 10 angetrieben, das heißt um die Drehachse 20 relativ zu dem Turbinengehäuse gedreht wird. Der Abgasturbolader umfasst ferner wenigstens einen in einem von Luft durchströmbaren Ansaugtrakt der Verbrennungskraftmaschine angeordneten Verdichter, welcher ein Verdichtergehäuse und ein drehbar in dem Verdichtergehäuse angeordnetes Verdichterrad aufweist. Dabei ist das Verdichterrad um die Drehachse 20 relativ zu dem Verdichtergehäuse drehbar. Der Rotor umfasst dabei das Turbinenrad 10, das Verdichterrad und eine Welle, welche drehfest mit dem Verdichterrad und mit dem Turbinenrad 10 verbunden ist. Dadurch ist das Verdichterrad über die Welle von dem Turbinenrad 10 antreibbar. Durch Antreiben des Verdichterrads kann die den Ansaugtrakt durchströmende und wenigstens einem Brennraum der Verbrennungskraftmaschine zuzuführende Luft mittels des Verdichterrads verdichtet werden. Da das Turbinenrad 10 mittels des Abgases angetrieben wird, wird im Abgas enthaltene Energie zum Verdichten der Luft genutzt, sodass ein besonders effizienter und somit kraftstoffverbrauchsarmer Betrieb der Verbrennungskraftmaschine beziehungsweise des Kraftfahrzeugs insgesamt realisiert werden kann.

Um nun eine besonders hohe Robustheit des Turbinenrads 10, insbesondere gegenüber mechanischen Belastungen, zu realisieren, ist es vorgesehen, dass der Radrücken 16 nach dem Feingießen zumindest teilweise einer mechanischen Bearbeitung unterzogen wird, sodass der Radrücken 16 vor der mechanischen Bearbeitung eine erste Dicke B (Fig. 1 und 4) und nach der mechanischen Bearbeitung eine zweite Dicke A aufweist. Dabei beträgt der Quotient aus zweiter Dicke A und erster Dicke B 0,85. Mit anderen Worten gilt:

$$\frac{A}{B} = 0,85.$$

Aus Fig. 2 bis 4 ist erkennbar, dass der Radrücken 16 einen ersten Teilbereich 26 aufweist und nach dem Feingießen auf einer der Beschaufelung 12 abgewandten Rückseite 22 in einem in Fig. 2 schraffierten zweiten Teilbereich 24 der mechanischen Bearbeitung unterzogen, das heißt mechanisch bearbeitet wird. Nach der mechanischen Bearbeitung weist der zweite Teilbereich 24 die in axialer Richtung des Turbinenrads 10 verlaufende erste Dicke B auf. Durch die mechanische Bearbeitung wird die erste Dicke B auf die zweite Dicke A reduziert. Ferner ist besonders gut aus Fig. 2 erkennbar, dass der zweite Teilbereich 24 ringförmig ausgebildet ist, sodass sich der zweite Teilbereich 24 und somit die mechanische Bearbeitung in Umfangsrichtung des Turbinenrads 10 vollständig umlaufend, das heißt über 360 Grad erstrecken.

In radialer Richtung des Turbinenrads 10 nach innen hin schließt sich an den zweiten Teilbereich 24 der erste Teilbereich 26 des Radrückens 16, insbesondere der Rückseite 22, an. Mit anderen Worten schließt sich der zweite Teilbereich 24 in radialer Richtung nach außen hin an den ersten Teilbereich 26 an. Dabei ist beispielsweise auch der erste Teilbereich 26 zumindest im Wesentlichen ringförmig ausgebildet. Der erste Teilbereich 26 weist beispielsweise nach dem Feingießen, vor der mechanischen Bearbeitung und nach der mechanischen Bearbeitung die erste Dicke B auf, wobei beispielsweise ein mechanisches Bearbeiten des ersten Teilbereichs 26 unterbleibt.

Das fertig hergestellte Turbinenrad 10 zeichnet sich somit dadurch aus, dass der Radrücken 16 den ersten Teilbereich 26 mit der ersten Dicke B und den sich in radialer Richtung nach außen hin an den ersten Teilbereich 26 anschließenden zweiten Teilbereich 24 mit der gegenüber der ersten Dicke B kleineren zweiten Dicke A aufweist. Dabei ist der Radrücken 16 auf der Rückseite 22 in dem zweiten Teilbereich 24 mechanisch bearbeitet.

Aus Fig. 1 ist erkennbar, dass der erste Teilbereich 26 einen ersten Durchmesser D1 aufweist, wobei der zweite Teilbereich 24 einen gegenüber dem ersten Durchmesser D1 größeren, zweiten Durchmesser D2 aufweist. Dabei erstreckt sich der zweite Teilbereich 24 in radialer Richtung zwischen den Durchmessern D1 und D2, das heißt ausgehend von dem ersten Durchmesser D1 in radialer Richtung nach außen bis zu dem zweiten Durchmesser D2. Die Dicken A und B werden auch als Radrückendicken bezeichnet. Bei dem Turbinenrad 10 ist es somit vorgesehen, dass das Verhältnis der Dicke A zur Dicke B zwischen den Durchmessern D1 und D2 0,85 beträgt. Die Dicke B wird beispielsweise vor

der mechanischen Bearbeitung durch eine das Feingießen durchführende Person vorgegeben. Damit kann durch die Anwendung des Quotienten die Dicke A nach der mechanischen Bearbeitung berechnet werden, ohne schon konkrete Lebensdauerberechnungen durchführen zu müssen. Im Folgenden werden Beispielrechnungen für das Turbinenrad 10 angegeben:

Beträgt die Dicke B beispielsweise 1,2 Millimeter, so ergibt sich für die Dicke A:

$$A = 1,2 \text{ Millimeter} \cdot 0,85 = 1,0 \text{ Millimeter}$$

Beträgt die Dicke B beispielsweise 1,4 Millimeter, so ergibt sich für die Dicke A:

$$A = 1,4 \text{ Millimeter} \cdot 0,85 = 1,2 \text{ Millimeter}$$

Beträgt die Dicke B beispielsweise 1,6 Millimeter, so ergibt sich für die Dicke A:

$$A = 1,6 \text{ Millimeter} \cdot 0,85 = 1,36 \text{ Millimeter.}$$

Es wurde gefunden, dass durch die Implementierung der zusätzlichen mechanischen Bearbeitung über 360 Grad und durch die geometrische Beschreibung der mechanischen Bearbeitung durch das Verhältnis zur Dicke B zur Dicke A eine signifikante Lebenssteigerung, insbesondere LCF-Lebensdauersteigerung, realisiert werden kann (LCF – Low Cycle Fatigue). Zusätzlich ist es möglich, dass die das Feingießen durchführende Person den Radrücken 16 besonders dick abgießt, sodass das Turbinenrad 10 einfach und somit zeit- und kostengünstig hergestellt werden kann.

Bezugszeichenliste

10	Turbinenrad
12	Beschaufelung
14	Laufbandschaukel
16	Radrücken
18	Nabe
20	Drehachse
22	Rückseite
24	zweiter Teilbereich
26	erster Teilbereich
A	zweite Dicke
B	erste Dicke
D1	erster Durchmesser
D2	zweiter Durchmesser

Patentansprüche

1. Laufrad (10) für einen Rotor eines Abgasturboladers, mit einer Beschaufelung (12), und mit einem sich in axialer Richtung des Laufrads (10) an die Beschaufelung (12) anschließenden Radrücken (16),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Radrücken (16) einen ersten Teilbereich (26) mit einer ersten Dicke (B) und einen sich in radialer Richtung nach außen an den ersten Teilbereich (26) anschließenden zweiten Teilbereich (24) mit einer zweiten Dicke (A) aufweist, wobei der Quotient aus zweiter Dicke (A) und erster Dicke (B) 0,85 beträgt.
2. Laufrad (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich der zweite Teilbereich (24) mit der zweiten Dicke (A) in Umfangsrichtung des Laufrads (10) vollständig umlaufend erstreckt.
3. Laufrad (10) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zweite Teilbereich (24) auf einer der Beschaufelung (12) abgewandten Rückseite (22) mechanisch bearbeitet ist.
4. Laufrad (10) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zweite Teilbereich (24) auf der Rückseite (22) in Umfangsrichtung des Laufrads (10) vollständig umlaufend mechanisch bearbeitet ist.

5. Verfahren zum Herstellen eines Laufrads (10) für einen Rotor eines Abgasturboladers, wobei das Laufrad eine Beschaufelung (12) und einen sich in axialer Richtung des Laufrads (10) an die Beschaufelung (12) anschließenden Radrücken (16) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Radrücken (16) zumindest teilweise einer mechanischen Bearbeitung unterzogen wird und vor der mechanischen Bearbeitung eine erste Dicke (B) und nach der mechanischen Bearbeitung eine zweite Dicke (A) aufweist, wobei der Quotient aus zweiter Dicke (A) und erster Dicke (B) 0,85 beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Radrücken (16) in einem zweiten Teilbereich (24) bearbeitet wird, an welchen sich in radialer Richtung nach innen ein erster Teilbereich (26) des Radrückens (16) anschließt, wobei eine mechanische Bearbeitung des ersten Teilbereichs (26) unterbleibt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilbereich (26) die erste Dicke (B) vor und nach dem mechanischen Bearbeiten aufweist.

1/2

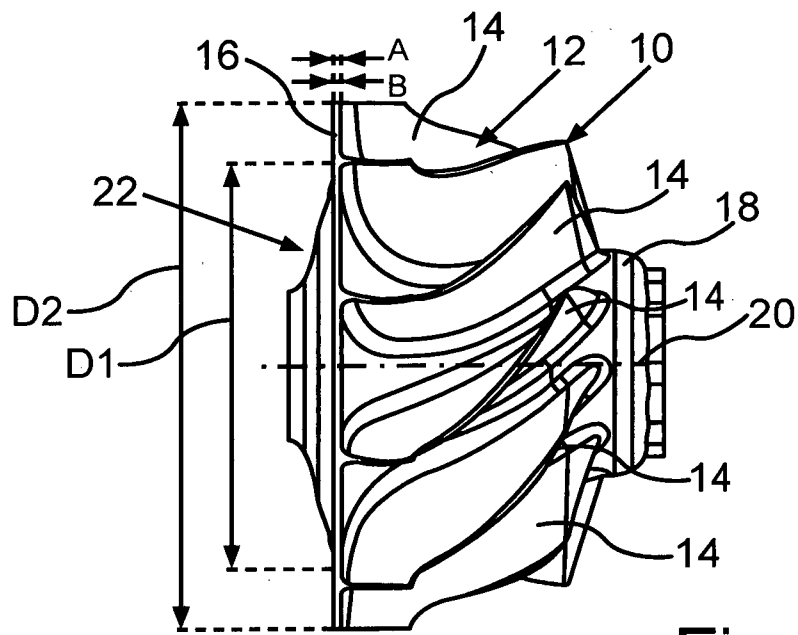


Fig.1

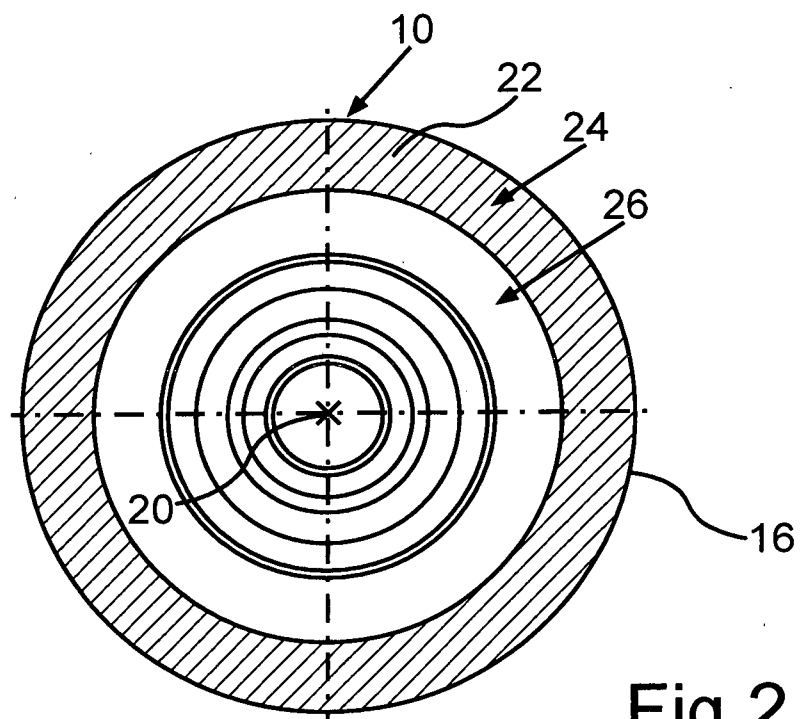


Fig.2

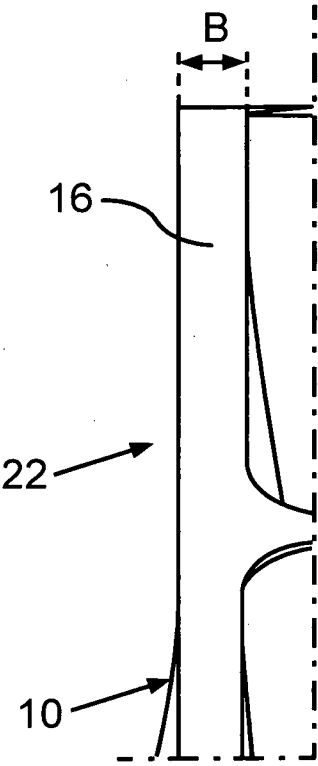


Fig.3

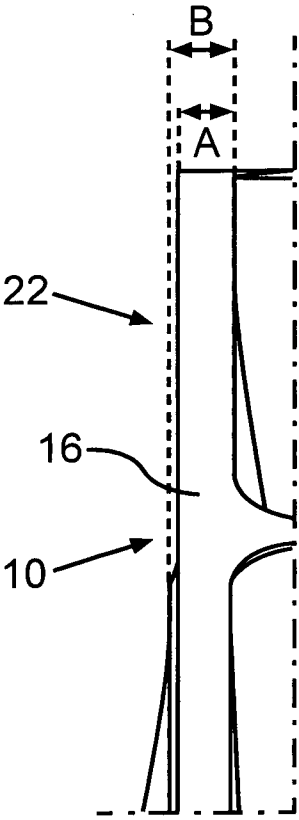


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000779

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01D5/04 F02C6/12 F04D29/28 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D F02C F01D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/177726 A1 (STRIEDELMEYER THOMAS [DE] ET AL) 23 June 2016 (2016-06-23) paragraphs [0040], [0041]; figure 1 -----	1-7
X	EP 2 960 463 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 30 December 2015 (2015-12-30) figures 1B, 3A-4B -----	1,3-7
X	JP 2002 047944 A (TOYOTA MOTOR CORP) 15 February 2002 (2002-02-15) figure 1 -----	1-7
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 17 October 2017	Date of mailing of the international search report 25/10/2017	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Rolé, Florian	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/000779

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016177726	A1	23-06-2016	CN 105715303 A 29-06-2016
			DE 102014226477 A1 23-06-2016
			EP 3034781 A1 22-06-2016
			US 2016177726 A1 23-06-2016

EP 2960463	A1	30-12-2015	CN 104903561 A 09-09-2015
			EP 2960463 A1 30-12-2015
			JP 6025962 B2 16-11-2016
			JP W02014128930 A1 02-02-2017
			US 2016003059 A1 07-01-2016
			WO 2014128930 A1 28-08-2014

JP 2002047944	A	15-02-2002	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01D5/04 F02C6/12 F04D29/28 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F04D F02C F01D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2016/177726 A1 (STRIEDELMEYER THOMAS [DE] ET AL) 23. Juni 2016 (2016-06-23) Absätze [0040], [0041]; Abbildung 1 -----	1-7
X	EP 2 960 463 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 30. Dezember 2015 (2015-12-30) Abbildungen 1B, 3A-4B -----	1,3-7
X	JP 2002 047944 A (TOYOTA MOTOR CORP) 15. Februar 2002 (2002-02-15) Abbildung 1 -----	1-7
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Oktober 2017		25/10/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Rolé, Florian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000779

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016177726 A1	23-06-2016	CN 105715303 A	29-06-2016
		DE 102014226477 A1	23-06-2016
		EP 3034781 A1	22-06-2016
		US 2016177726 A1	23-06-2016

EP 2960463 A1	30-12-2015	CN 104903561 A	09-09-2015
		EP 2960463 A1	30-12-2015
		JP 6025962 B2	16-11-2016
		JP W02014128930 A1	02-02-2017
		US 2016003059 A1	07-01-2016
		WO 2014128930 A1	28-08-2014

JP 2002047944 A	15-02-2002	KEINE	
