

(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
13. April 2017 (13.04.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/060086 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23C 3/00 (2006.01) **F02C 6/12** (2006.01)
F01D 5/02 (2006.01) **G01M 1/34** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/072386

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. September 2016 (21.09.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 219 374.8
7. Oktober 2015 (07.10.2015) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **LEHMAYR, Bernhard**; Gertrud-von-le-Fort-
Str. 34, 93051 Regensburg (DE). **GRAF, Markus**; Bgm.-
Zitterer-Str. 7, 93102 Pfatter (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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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).

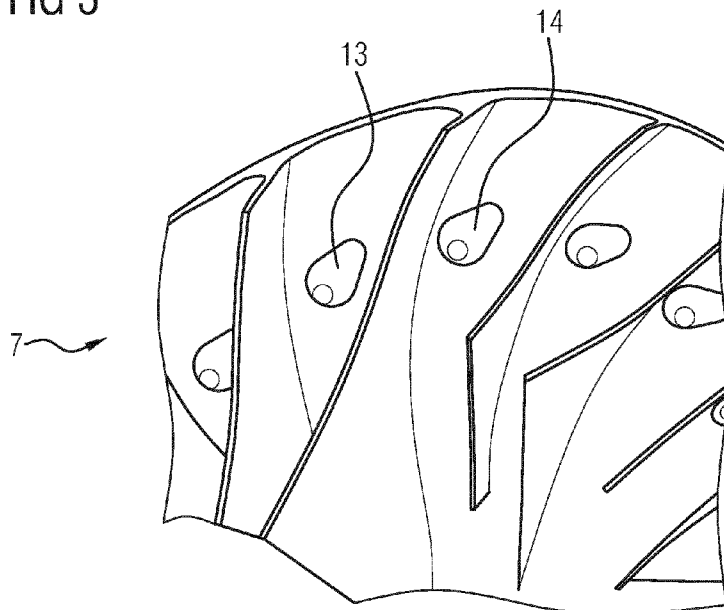
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR INTRODUCING A BALANCING MARK INTO THE COMPRESSOR WHEEL OF A
TURBOCHARGER, AND TURBOCHARGER COMPRISING A COMPRESSOR WHEEL WHICH HAS A BALANCING MARK

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM EINBRINGEN EINER WUCHTMARKE IN DAS VERDICHTERRAD EINES
ABGASTURBOLADERS UND ABGASTURBOLADER MIT EINEM EINE WUCHTMARKE AUFWEISENDEN
VERDICHTERRAD

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for
introducing a balancing mark into the compressor
wheel of a turbocharger. According to the method, a
milling tool is first moved in a first direction in
order to introduce a recess into the compressor
wheel, and the milling tool located in the recess then
runs out in a second direction in order to convert the
recess into a pear segment-shaped balancing mark.
The invention further relates to a turbocharger
which contains a compressor wheel that has one or
more pear segment-shaped balancing marks.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein
Verfahren zum Einbringen einer Wuchtmарке in das
Verdichterrad eines Abgasturboladers. Bei diesem
Verfahren erfolgt zunächst ein Bewegen eines
Fräswerkzeugs in einer ersten Richtung zum
Einbringen einer Aussparung in das Verdichterrad
und anschließend ein Auslaufen des in der
Aussparung befindlichen Fräswerkzeugs in eine
zweite Richtung zur Umwandlung der Aussparung
in eine birnensegmentförmige Wuchtmарке. Des
Weiteren betrifft die Erfindung einen
Abgasturbolader, welcher ein Verdichterrad enthält,
das eine oder mehrere birnensegmentförmige
Wuchtmарken aufweist.

Beschreibung

Verfahren zum Einbringen einer Wuchtmarke in das Verdichterrad eines Abgasturboladers und Abgasturbolader mit
5 einem eine Wuchtmarke aufweisenden Verdichterrad

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen einer Wuchtmarke in das Verdichterrad eines Abgasturboladers und
einen Abgasturbolader mit einem eine Wuchtmarke aufweisenden
10 Verdichterrad.

Es ist bereits bekannt, die Rumpffgruppe eines Abgasturboladers zu wuchten. Dies erfolgt beispielsweise, indem auf der zugänglichen Seite des Verdichterrades mittels eines Fräs-
15 werkzeugs Material abgetragen wird. Da bei diesem Abtragen von Material darauf geachtet werden muss, dass die Schaufeln des Verdichterrades nicht beschädigt werden, wird an der Nabenkontur des Verdichterrades eine Abtragung gewünschter Tiefe durch einen eindimensionalen Vorschub des Fräswerkzeugs
20 vorgenommen. Diese Vorgehensweise ist in strömungstechnischer und auch in festigkeitstechnischer Hinsicht und auch in Bezug auf den Platzbedarf nicht optimal. So ist der zum Abtragen von Material zur Verfügung stehende Platz durch die bestehenden kleinen Abstände zwischen einander benachbarten Schaufeln
25 des Verdichterrades begrenzt. Eine Vergrößerung dieser Schaufelabstände ist aus aerodynamischen Gründen nachteilig. Des Weiteren zeigt eine nach dem Einbringen der Abtragungen vorgenommene Festigkeitsanalyse, dass eine Verwendung von Fräswerkzeugen mit größerem Werkzeugradius und geringeren
30 Abtragstiefen zu kleineren Spannungsüberhöhungen, aber gleichzeitig zu geringeren Abtragsmengen führt.

Aus der DE 10 2008 016 937 A1 ist ein Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine bekannt, welcher ein durchströmbares
35 Gehäuse sowie ein Laufzeug aufweist, das drehbar im Gehäuse gelagert ist. Das Laufzeug weist ein erstes und ein zweites Laufrad auf. Das erste Laufrad ist mit dem zweiten Laufrad über eine Welle drehfest verbunden. Das erste und/oder das

zweite Laufrad weist eine Wuchtmarke auf, die an einem Radrücken des entsprechenden Laufrades positioniert ist. Die Wuchtmarke weist ein radiales Wuchtmarkenprofil sowie eine äußere Wuchtmarkenkante und eine innere Wuchtmarkenkante auf.

5 Das radiale Wuchtmarkenprofil weist an der äußeren Wuchtmarkenkante einen ersten Tangentenwinkel und an der inneren Wuchtmarkenkante einen zweiten Tangentenwinkel auf. Der Wert des ersten Tangentenwinkels und/oder des zweiten Tangentenwinkels ist kleiner als 40 Grad.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Einbringen einer Wuchtmarke in das Verdichterrad eines Abgasturboladers und einen mit einer derartigen Wuchtmarke versehenen Abgasturbolader anzugeben.

15

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei welchem zunächst ein Bewegen eines Fräswerkzeugs in einer ersten Richtung auf das Verdichterrad zum Einbringen einer Aussparung in die Strömungsseite des Verdichterrades und anschließend ein Auslaufen des in der Aussparung befindlichen Fräs-

20 werkzeugs in eine zweite Richtung zur Umwandlung der Aussparung in eine birnensegmentförmige Wuchtmarke vorgenommen wird.

25 Die Vorteile dieser Vorgehensweise bestehen insbesondere darin, dass mittels des beanspruchten Verfahrens ohne erhöhten Platzbedarf und bei geringerer Beeinflussung der Festigkeit der tragenden Querschnitte des Verdichterradgrundkörpers eine höhere Abtragsmenge erreicht wird. Insbesondere erlaubt die

30 Erfindung das Einbringen einer birnensegmentförmigen Wuchtmarke in die Strömungsseite des Verdichterrades in einem Zug, d.h. ohne dass das Fräswerkzeug mehrmals neu angesetzt werden muss. Ein derartiges Einbringen einer birnensegmentförmigen Wuchtmarke in die Strömungsseite des Verdichterrades bringt

35 des Weiteren die Vorteile einer reduzierten Fertigungszeit und einer erhöhten Fertigungsgenauigkeit.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt

Figur 1 zeigt eine Blockdarstellung zur Erläuterung des grundsätzlichen Aufbaus eines Abgasturboladers 1,

5 Figur 2 eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Verdichterrads mit eingebrachten kugelsegmentförmigen Wuchtmarken,

10 Figur 3 eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Verdichterrads mit eingebrachten birnensegmentförmigen Wuchtmarken,

15 Figur 4 eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Verdichterrads mit eingebrachten gebogenen birnensegmentförmigen Wuchtmarken,

Figur 5 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

20 Figur 6 eine Skizze zur Veranschaulichung des Winkels α , den die birnensegmentförmige Wuchtmarke bei einem linearen Auslauf des Fräswerkzeugs einnimmt,

25 Figur 7 eine Skizze zur Veranschaulichung einer Seitenansicht eines mit einer birnensegmentförmigen Wuchtmarke versehenen Verdichterrades und

30 Figur 8 eine Skizze zur Veranschaulichung einer Seitenansicht eines mit einer birnensegmentförmigen Wuchtmarke versehenen Verdichterrades im Vergleich zu einer kugelsegmentförmigen Wuchtmarke.

Die Figur 1 zeigt eine Blockdarstellung zur Erläuterung des grundsätzlichen Aufbaus eines Abgasturboladers 1.

35

Dieser Abgasturbolader 1 weist eine Turbine 2 auf, die ein in einem Turbinengehäuse 3 angeordnetes Turbinenrad 4 enthält. Weiterhin weist der Abgasturbolader 1 einen Verdichter 5 auf, der ein in einem Verdichtergehäuse 6 angeordnetes

Verdichterrad 7 enthält. Ferner weist der Abgasturbolader 1 eine Lagervorrichtung 9 auf, die ein Lagergehäuse 10 enthält, welches mit dem Verdichtergehäuse 6 und dem Turbinengehäuse 3 verbunden ist. Im Lagergehäuse 10 ist eine Welle 8 gelagert, in deren einem Endbereich das Turbinenrad 4 und in deren anderem Endbereich das Verdichterrad 7 angeordnet sind. Das Turbinenrad 4 und das Verdichterrad 7 können dabei an der Welle 8 befestigt sein oder integraler Bestandteil der Welle 8 sein.

Im Betrieb des Abgasturboladers treibt ein dem Abgasturbolader zugeführter Abgasstrom eines Kraftfahrzeugs das Turbinenrad 4 an, wodurch die fest mit dem Turbinenrad 4 verbundene Welle 8 in eine Drehbewegung versetzt wird. Diese Drehbewegung wird auf das ebenfalls fest mit der Welle 8 verbundene Verdichterrad 7 übertragen. Mittels des Verdichterrades 7 wird dem Verdichter 5 zugeführte Frischluft verdichtet und zusammen mit dem benötigten Kraftstoff den Brennräumen des Motors des Kraftfahrzeugs zur Erhöhung der Motorleistung zugeführt.

Die Figur 2 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Teils des Verdichterrads 7 mit eingebrachten kugelsegmentförmigen Wuchtmarken 11 und 12. Diese Wuchtmarken befinden sich auf der Strömungsseite des Verdichterrades und werden dadurch eingebracht, dass ein Fräswerkzeug jeweils in einer Richtung, d.h. eindimensional, auf das Verdichterrad zubewegt wird, um dann nach Kontaktaufnahme mit dem Verdichterrad die genannte kugelsegmentförmige Aussparung, die eine gewünschte Tiefe hat, in das Verdichterrad einzubringen.

Die Figur 3 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Teils eines Verdichterrads 7 mit eingebrachten birnensegmentförmigen Wuchtmarken 13 und 14, wie sie mittels eines Verfahrens gemäß der Erfindung in das Verdichterrad eingebracht werden können. Diese Wuchtmarken 13 und 14 befinden sich ebenfalls auf der Strömungsseite des Verdichterrades, welche gekrümmt ausgebildet ist, und werden durch ein Verfahren eingebracht, das nachfolgend anhand der Figur 5 erläutert wird.

Aus dieser Figur 5 ist ersichtlich, dass in einem ersten Schritt S1 zunächst ein Einbringen einer kugelsegmentförmigen Aussparung in die gekrümmt ausgebildete Strömungsseite des Verdichterrades 7 erfolgt, indem ein Fräswerkzeug jeweils in einer ersten Richtung, d.h. eindimensional, auf das Verdichterrad 7 zubewegt wird, um dann nach Kontaktaufnahme mit dem Verdichterrad 7 die genannte kugelsegmentförmige Aussparung in das Verdichterrad 7 einzubringen. Anschließend erfolgt in einem zweiten Schritt S2 ein Auslaufen des in der kugelsegmentförmigen Aussparung befindlichen Fräswerkzeugs in eine zweite Richtung, um die jeweilige kugelsegmentförmige Aussparung in eine birnensegmentförmige Aussparung umzuwandeln und dadurch eine birnensegmentförmige Wuchtmarke zu generieren.

Demnach erfolgt bei der vorliegenden Erfindung der Vorschub des Fräswerkzeugs zweidimensional in dem Sinne, dass das Fräswerkzeug zunächst in einer Richtung auf das Verdichterrad zubewegt wird, um eine kugelsegmentförmige Aussparung gewünschter Tiefe herzustellen, und anschließend das in der kugelsegmentförmigen Aussparung positionierte Fräswerkzeug in eine zweite Richtung umzulenken und in dieser zweiten Richtung auslaufen zu lassen, um die letztendlich gewünschte insgesamt birnensegmentförmige Aussparung zu generieren, die die gewünschte birnensegmentförmige Wuchtmarke bildet.

Dabei wird das Umlenken des Fräswerkzeugs vorzugsweise in einem Winkel vorgenommen, der in etwa mit dem Winkel der Schaufeln des Verdichterrades übereinstimmt, so dass die Engstelle im Kanal zwischen benachbarten Schaufeln optimal genutzt wird. Zusätzlich wird vorzugsweise der Vorschub des Fräswerkzeugs in Axialrichtung gestoppt, so dass der tragende Querschnitt des Verdichterradgrundkörpers im Bereich der gesamten birnensegmentförmigen Aussparung konstant bleibt. Die Kerbe, die aufgrund der birnensegmentförmigen Abtragung entsteht, hat aufgrund der Verwendung desselben Fräswerkzeugs wie bei der Herstellung einer bekannten kugelsegmentförmigen Wuchtmarke denselben Radius, der dem Radius des Fräswerkzeugs ent-

spricht, hat aber eine geringere Kerbwirkung, da die Kerbe eine längliche Form aufweist. Das Abtragsvolumen, das bei Einbringung einer birnensegmentförmigen Abtragung erzielt wird, ist höher als das Abtragsvolumen, das bei Einbringung einer kugelsegmentförmigen Abtragung übereinstimmender Tiefe erzielt wird. Der bei der Einbringung einer birnensegmentförmigen Aussparung bestehende Platzbedarf stimmt mit dem Platzbedarf überein, wie er bei der Einbringung einer kugelsegmentförmigen Aussparung vorliegt.

Beim oben beschriebenen Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der im ersten Verfahrensschritt in das Verdichterrad eingebrachten Aussparung um eine kugelsegmentförmige Aussparung. Gemäß weiterer, nicht in den Figuren dargestellter Ausführungsformen kann es sich bei dieser Aussparung auch um eine anders geformte Aussparung handeln, wobei die Form der Aussparung von der Form des Kopfes des Fräswerkzeugs abhängig ist. Die resultierende Form der oberen Randkante der Aussparung ist dann beispielsweise kreisförmig, elliptisch oder parabelförmig.

Das Auslaufen des Fräswerkzeugs in der zweiten Richtung kann geradlinig oder bogenförmig erfolgen. Bei einem geradlinigen Auslauf, der in einfacher Weise realisierbar ist, wird die in der Figur 3 veranschaulichte Form der Wuchtmarke erreicht. Die Figur 6 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung des Winkels α , den die birnensegmentförmige Wuchtmarke bei einem linearen Auslauf des Fräswerkzeugs einnimmt

Bei einem bogenförmigen Auslauf des Fräswerkzeuges ist die Gefahr einer Beschädigung des Schaufelrades durch das Fräswerkzeug reduziert. Bei einem derartigen bogenförmigen Auslauf des Fräswerkzeugs entsteht letztendlich eine gebogene birnensegmentförmige Wuchtmarke. Derartige gebogene birnensegmentförmige Wuchtmarken 13' und 14' in einem Verdichterrad sind in der Figur 4 veranschaulicht.

Eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die Axialkoordinate des Vorschubs des Fräswerkzeugs

während des Auslaufens konstant zu halten. In diesem Falle wird erreicht, dass der tragende Querschnitt des Verdichterrades konstant bleibt.

- 5 Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die Axialkoordinate des Vorschubs des Fräs-
werkzeugs während des Auslaufens zu verändern. In diesem Fal-
le ist es möglich, bei Bedarf gezielt unterschiedliche tra-
gende Querschnitte des Verdichterrades zu erzeugen.

10

Grundsätzlich bedeutet das Einbringen einer Wuchtmarke in ei-
nem größeren radialen Abstand zur Längsmittelachse des
Verdichterrades eine höhere Wirksamkeit der Wuchtmarke. In
diesem größeren Abstand zur Längsmittelachse des
15 Verdichterrades ist aber generell die Wandstärke des
Verdichterrades geringer, so dass ein Einbringen der Wucht-
marke in diesen Bereich des Verdichterrades Probleme hin-
sichtlich der Festigkeit des Verdichterrades mit sich bringen
kann.

20

Bei einem Einbringen einer Wuchtmarke in einem kleineren ra-
dialen Abstand zur Längsmittelachse des Verdichterrades liegt
zwar eine größere Wandstärke des Verdichterrades vor, doch
ist dort der Platz zwischen den Schaufeln des Verdichterrades
25 gering. Folglich ist dort die mögliche Abtragsmenge aufgrund
der größeren Wandstärke erhöht, andererseits aber durch den
begrenzten Platz erniedrigt.

30

Ein Verfahren gemäß der Erfindung bringt demgegenüber den
Vorteil, dass im Falle des Einbringens einer Wuchtmarke in
einem größeren Abstand zur Längsmittelachse des
Verdichterrades größere Abtragsmengen realisiert werden kön-
nen, ohne dass es hierzu einer tieferen Bohrung bedarf.

35

Wie aus einem Vergleich der Figuren 2, 3 und 4 ersichtlich
ist, bleibt beim Einbringen einer birnensegmentförmigen
Wuchtmarke die radial innere Kante der Wuchtmarke im Ver-
gleich zum Einbringen einer kugelsegmentförmigen Wuchtmarke
unverändert, während die radial äußere Kante beim Einbringen

einer birnensegmentförmigen Wuchtmarke einen anderen Verlauf erhält als beim Einbringen einer kugelsegmentförmigen Wuchtmarke.

- 5 Die Figur 7 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung einer
Seitenansicht eines mit einer birnensegmentförmigen Wuchtmar-
ke versehenen Verdichterrades. Dieser Darstellung ist insbe-
sondere entnehmbar, dass beim Einbringen einer birnensegment-
förmigen Wuchtmarke, die mit einer gestrichelten Linie symbo-
10 lisiert ist, der tragende Querschnitt des Verdichterrades er-
halten bleibt.

- Die Figur 8 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung einer
Seitenansicht eines mit einer birnensegmentförmigen Wuchtmar-
15 ke versehenen Verdichterrades im Vergleich zu einer kugelseg-
mentförmigen Wuchtmarke. Dieser Darstellung ist insbesondere
entnehmbar, dass beim Einbringen einer birnensegmentförmigen
Wuchtmarke im Vergleich zum Einbringen einer kugelsegmentför-
migen Wuchtmarke, die mit einer gepunkteten Linie angedeutet
20 ist, keine Reduzierung des tragenden Querschnitts des
Verdichterrades verbunden ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen einer Wuchtmarke in das Verdichterrad eines Abgasturboladers mit folgenden Schritten:
- 5 ten:
- Bewegen eines Fräswerkzeugs in einer ersten Richtung zum Einbringen einer Aussparung in die Strömungsseite des Verdichterrades und
 - anschließendes Auslaufen des in der Aussparung befindlichen

10 Fräswerkzeugs in eine zweite Richtung zur Umwandlung der Aussparung in eine birnensegmentförmige Wuchtmarke.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Bewegen des Fräswerkzeugs in der ersten Richtung
- 15 eine Aussparung in die Strömungsseite des Verdichterrads eingebracht wird, deren obere Randkante kreisförmig, elliptisch oder parabelförmig ausgebildet ist
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
- 20 dass die erste Aussparung kugelsegmentförmig ausgebildet ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung in eine gekrümmte Oberfläche der Strömungsseite des Verdichterrads eingebracht
- 25 wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslaufen des Fräswerkzeugs geradlinig erfolgt.
- 30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslaufen des Fräswerkzeugs bogenförmig erfolgt.
- 35
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das bogenförmige Auslaufen des Fräswerkzeugs an die Krümmung der Schaufeln des Verdichterrades angepasst ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Axialkoordinate des Vorschubs des Fräswerkzeugs während des Auslaufens konstant gehalten wird.

5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Axialkoordinate des Vorschubs des Fräswerkzeugs während des Auslaufens verändert wird.

10 10. Abgasturbolader, welcher ein Verdichterrad aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass in die Strömungsseite des Verdichterrades (7) eine oder mehrere birnensegmentförmige Wuchtmarken (13, 14) eingebracht sind.

15 11. Abgasturbolader nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsseite des Verdichterrades gekrümmt ausgebildet ist.

20

1/4

FIG 1

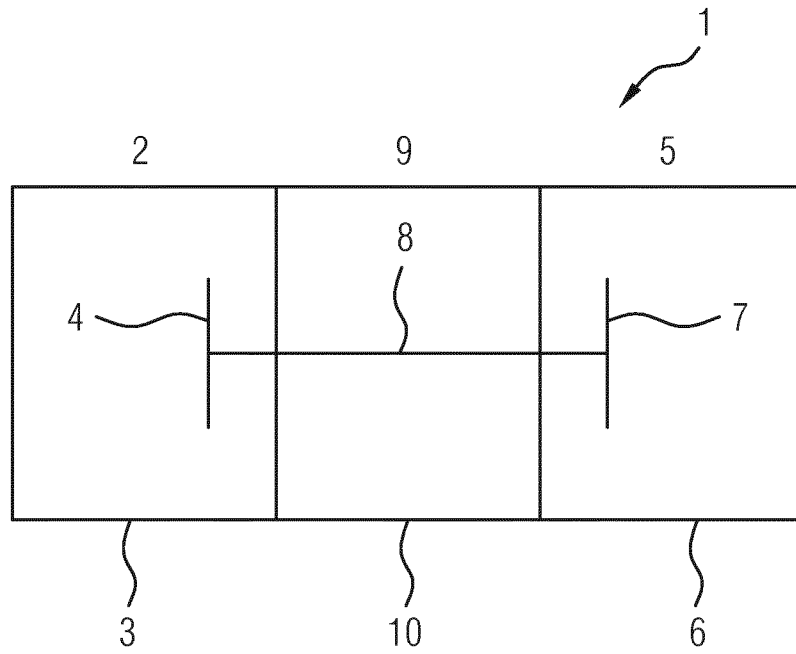
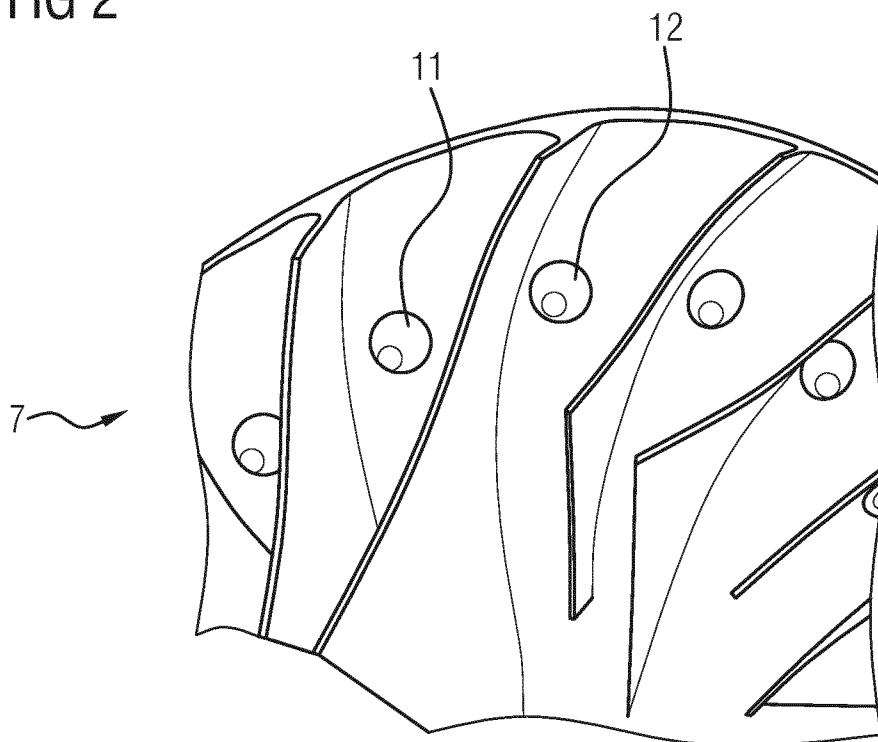


FIG 2



2/4

FIG 3

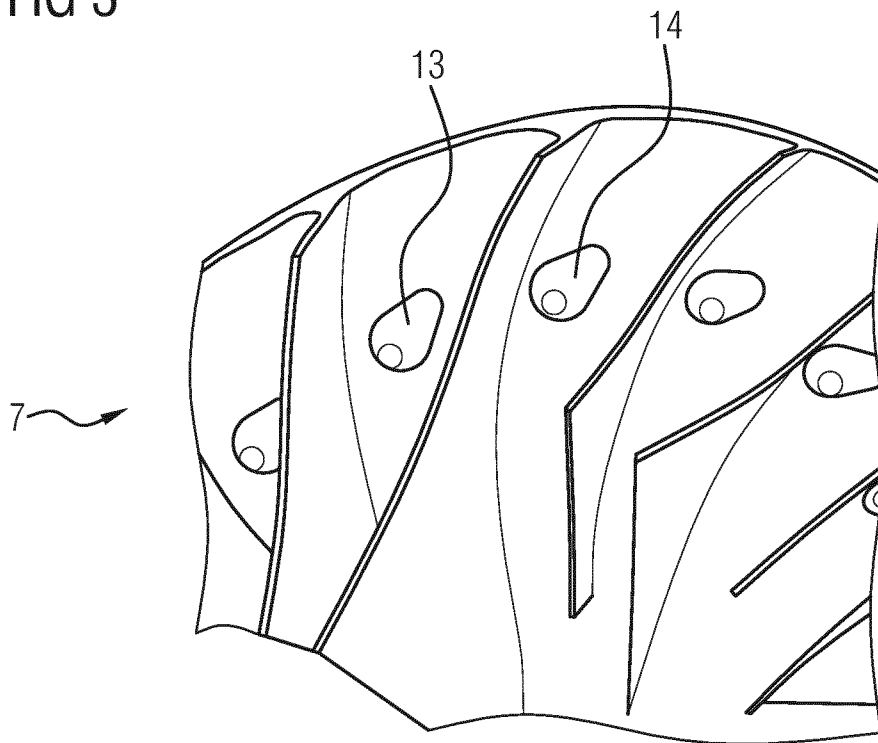
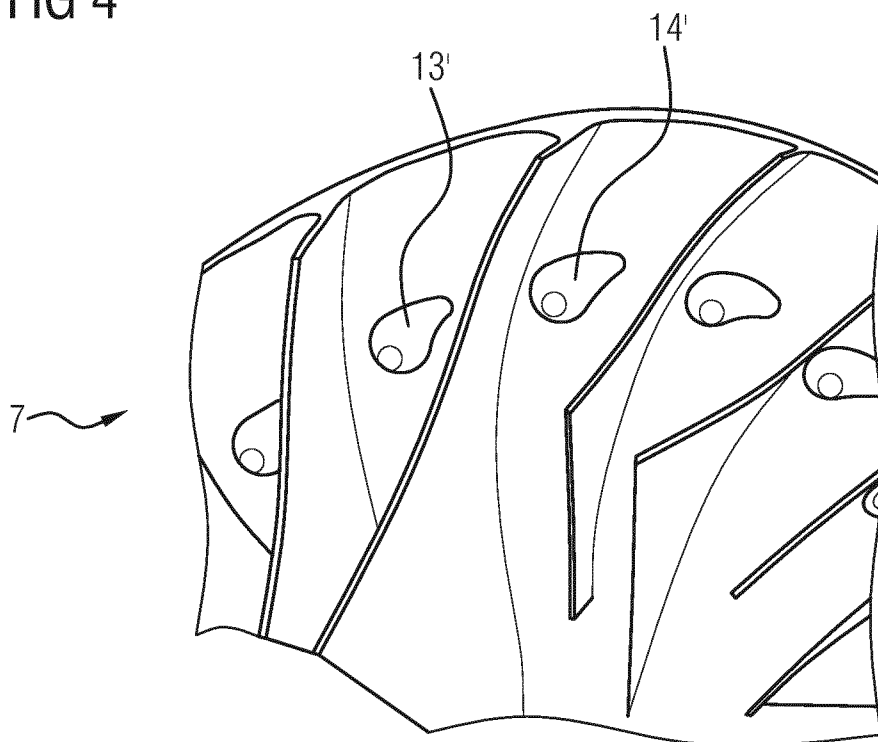


FIG 4



3/4

FIG 5

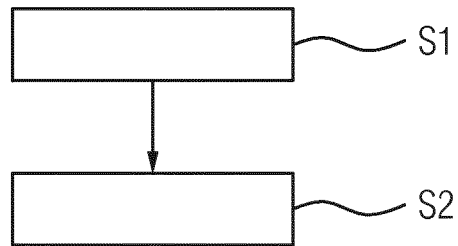
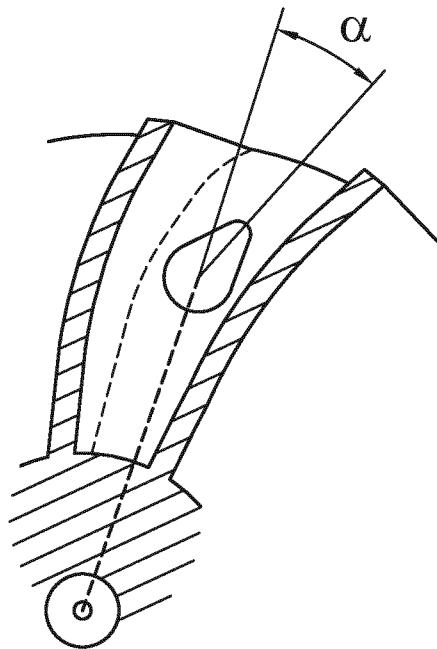


FIG 6



4/4

FIG 7

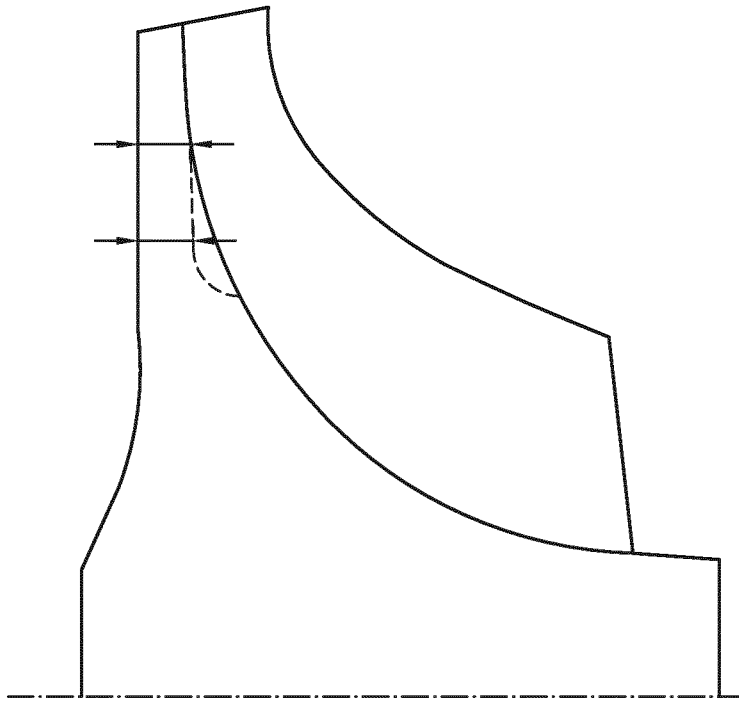
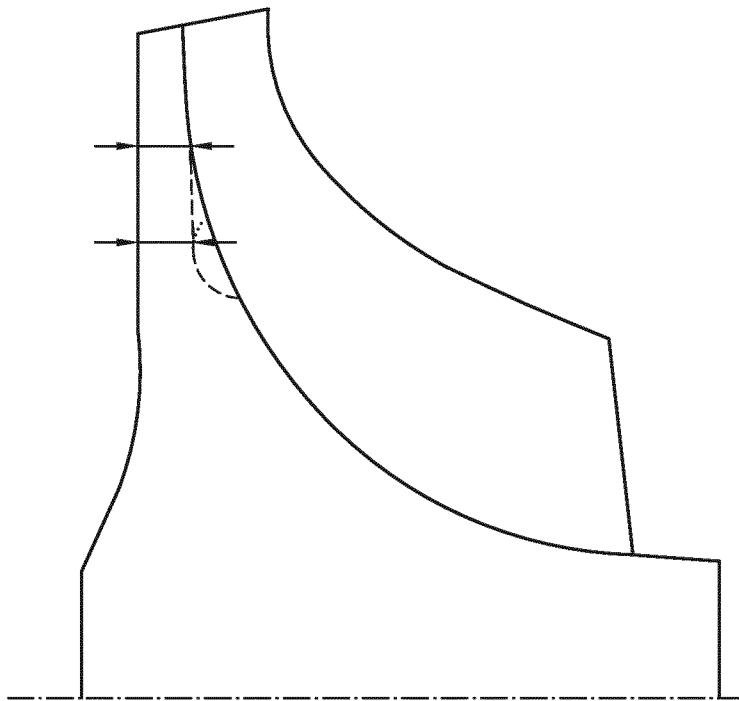


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/072386

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B23C3/00 F01D5/02 F02C6/12 G01M1/34
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)

B23C F01D F02C G01M F04D

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.
A	WO 2014/008117 A1 (BORGWARNER INC [US]) 9 January 2014 (2014-01-09) page 6, line 32 - page 7, line 8; figures 4A,4B -----	1,10
A	DE 10 2010 048099 A1 (DAIMLER AG [DE]) 12 April 2012 (2012-04-12) paragraph [0021]; figures 1,2,3 -----	1,10
A	DE 10 2008 016937 A1 (DAIMLER AG [DE]) 8 October 2009 (2009-10-08) cited in the application paragraph [0034]; figure 2 -----	1-3
A	EP 1 900 908 A2 (IVECO MOTORENFORSCHUNG AG [CH]) 19 March 2008 (2008-03-19) paragraph [0012]; claims 1,2,3,5,7; figures 4-8 -----	1,10,11



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

5 December 2016

Date of mailing of the international search report

13/12/2016

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

Matzdorf, Udo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/072386

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014008117 A1	09-01-2014	CN 104350255 A DE 112013002879 T5 KR 20150036129 A RU 2015101483 A US 2015322793 A1 WO 2014008117 A1	11-02-2015 05-03-2015 07-04-2015 10-08-2016 12-11-2015 09-01-2014
DE 102010048099 A1	12-04-2012	DE 102010048099 A1 WO 2012045397 A1	12-04-2012 12-04-2012
DE 102008016937 A1	08-10-2009	DE 102008016937 A1 WO 2009121465 A1	08-10-2009 08-10-2009
EP 1900908 A2	19-03-2008	BR PI0704032 A CN 101144394 A EP 1900908 A2 ES 2401455 T3 JP 4944717 B2 JP 2008069779 A US 2009097969 A1	29-04-2008 19-03-2008 19-03-2008 19-04-2013 06-06-2012 27-03-2008 16-04-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B23C3/00 F01D5/02 F02C6/12 G01M1/34
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B23C F01D F02C G01M F04D

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.
A	WO 2014/008117 A1 (BORGWARNER INC [US]) 9. Januar 2014 (2014-01-09) Seite 6, Zeile 32 - Seite 7, Zeile 8; Abbildungen 4A,4B	1,10
A	DE 10 2010 048099 A1 (DAIMLER AG [DE]) 12. April 2012 (2012-04-12) Absatz [0021]; Abbildungen 1,2,3	1,10
A	DE 10 2008 016937 A1 (DAIMLER AG [DE]) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0034]; Abbildung 2	1-3
A	EP 1 900 908 A2 (IVECO MOTORENFORSCHUNG AG [CH]) 19. März 2008 (2008-03-19) Absatz [0012]; Ansprüche 1,2,3,5,7; Abbildungen 4-8	1,10,11



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

5. Dezember 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/12/2016

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

Matzdorf, Udo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/072386

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014008117 A1	09-01-2014	CN 104350255 A	11-02-2015
		DE 112013002879 T5	05-03-2015
		KR 20150036129 A	07-04-2015
		RU 2015101483 A	10-08-2016
		US 2015322793 A1	12-11-2015
		WO 2014008117 A1	09-01-2014

DE 102010048099 A1	12-04-2012	DE 102010048099 A1	12-04-2012
		WO 2012045397 A1	12-04-2012

DE 102008016937 A1	08-10-2009	DE 102008016937 A1	08-10-2009
		WO 2009121465 A1	08-10-2009

EP 1900908 A2	19-03-2008	BR PI0704032 A	29-04-2008
		CN 101144394 A	19-03-2008
		EP 1900908 A2	19-03-2008
		ES 2401455 T3	19-04-2013
		JP 4944717 B2	06-06-2012
		JP 2008069779 A	27-03-2008
		US 2009097969 A1	16-04-2009
