

(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
12. Mai 2016 (12.05.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/071348 A1

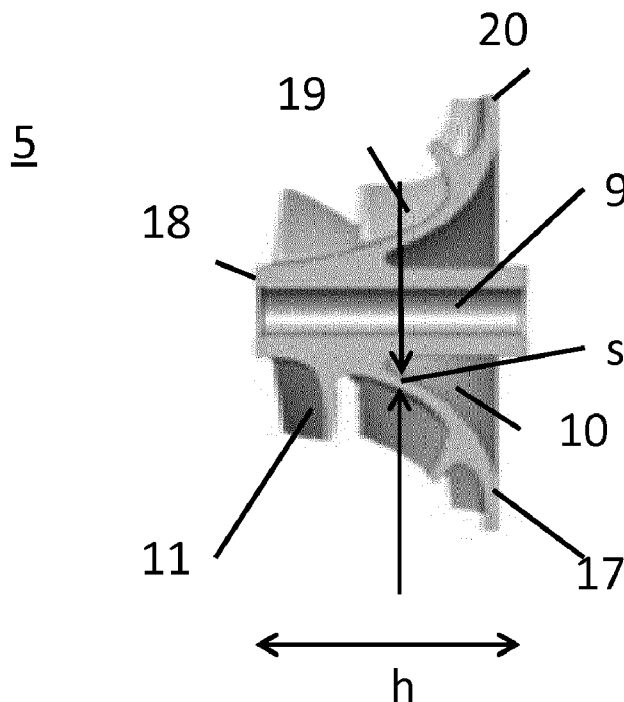
- (51) Internationale Patentklassifikation:
F04D 29/02 (2006.01) *F01D 5/28* (2006.01)
F04D 29/28 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/075613
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. November 2015 (03.11.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 222 591.4
5. November 2014 (05.11.2014) DE
- (71) Anmelder: MAGNA POWERTRAIN GMBH & CO
KG [AT/AT]; Industriestraße 35, 8502 Lannach (AT).
- (72) Erfinder: SCHLAGER, Gerd; Oberer Markt 23, A-4292
Kefermarkt (AT).
- (74) Anwalt: ZANGGER, Bernd; Magna International Europe
GmbH, Patentabteilung, Liebenauer Hauptstrasse 317 / VG
Nord, 8041 Graz (AT).
- (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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMPRESSOR, AND METHOD FOR PRODUCING A COMPRESSOR

(54) Bezeichnung : VERDICHTER SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES VERDICHTERRADS

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a compressor (1) for compressing supply air for a power generating machine, comprising an electric drive (4) and a compressor wheel (5) rotatably connected to said electric drive (4) via a shaft (6), the compressor wheel (5) consisting of a metal with carbon in a two-dimensional or three-dimensional modification admixed thereto. The invention also relates to a method for producing a compressor wheel (5).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verdichter (1) zum Verdichten von Zuluft für eine energieerzeugende Maschine mit einem elektrischen Antrieb (4) und einem mit dem elektrischen Antrieb (4) über einen Achse (6) drehbar verbundenen Verdichterrad (5) vorgeschlagen, wobei das Verdichterrad (5) aus einem Metall mit einer Zumischung von Kohlenstoff in einer zwei-oder dreidimensionalen Modifikation besteht. Weiterhin wird ein Verfahren zur Herstellung eines Verdichterrads (5) vorgeschlagen.



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)

Verdichter sowie Verfahren zur Herstellung eines Verdichterrads

Die Erfindung geht aus von einem Verdichter zum Verdichten von Zuluft für eine
5 energieerzeugende Maschine mit einem elektrischen Antrieb und einem mit dem elektrischen Antrieb über einen Achse drehbar verbundenen Verdichterrad.
Weiterhin geht die Erfindung aus von einem Verfahren zur Herstellung eines Verdichterrads.

10 Stand der Technik

Die am häufigsten anzutreffende Laderart ist der Turbolader, bei dem eine Turbine einen Verdichter direkt antreibt. Turbinen- und Verdichterrad sind über eine Welle fest miteinander verbunden und bilden zusammen das Laufzeug. Das Turbinengehäuse liegt direkt im Abgasstrom und möglichst nahe am Abgasauslass des
15 Motors. Im davon getrennten Verdichtergehäuse komprimiert das Verdichterrad die Ladeluft im Ansaugtrakt. Ein Turbolader hat den Vorteil, dass er einen Teil der sonst ungenutzten Restenergie der Abgase zum Verringern der Ansaugverluste nutzt und damit den Gesamtwirkungsgrad verbessert.

Eine Alternative oder Ergänzung stellt eine Verdichtung der Ansaugluft mit Kompressoren dar. Es gibt Ausführungen auf dem Markt, die Turbolader mit mechanischen Kompressoren kombinieren.
20

Ein solcher mechanischer Schraubenverdichter baut zwar im unteren Drehzahlbereich auch viel Ladedruck auf, ist aber auch wie der Turbolader von der Drehzahl des Motors abhängig und somit nur auf eine bestimmte Motorendrehzahl optimiert.
25 Die Mehrleistung des Motors zehrt den Leistungsbedarf des mechanischen Laders teilweise wieder auf.

Ein elektrischer Verdichter entwickelt dagegen völlig unabhängig von den Motor-

parametern den maximalen Ladedruck und sorgt somit für entsprechende Drehmomente und Leistungen des Motors zu jedem Zeitpunkt.

Ein solcher Verdichter wird in der GB2508647A vorgestellt. Der Verdichterbereich mit dem Verdichterrad ist dabei gegen den elektrischen Antrieb abgedichtet.

- 5 Um die gewünschten Leistungen zu erhalten, werden unterschiedliche elektrische Motoren diskutiert und eine Erhöhung der Bordspannung zur Versorgung von 12V auf 48V erwogen. Allerdings gibt es auch erhöhte Anforderungen an das Verdichterrad.

- 10 Um bei Drehzahlen von über 100.000 Umdrehungen die Minute die Trägheits- und Fliehkräfte gering zu halten, müssen die Materialien des Verdichterrads sehr leicht, gleichzeitig über einen wechselnden Temperaturbereich formbeständig und hochfest, sowie die Lagerung fast spielfrei, aber auch leichtgängig sein. Diese Anforderungen bestehen sowohl für ein Verdichterrad in einem elektrischen Kompressor als auch für einen Turbolader.

- 15 Aus der DE102009018801 A1 ist eine Turbolader Anordnung bekannt, wobei Wellen und Verdichterrad aus Metall mit einer Verstärkung aus keramischen Partikeln, wie z. B. Kohlenstofffasern, vorgesehen sind. Dieser Materialmix lässt sich mit verschiedenen Herstellungsverfahren herstellen, wobei das Material durch die Verwendung von Kohlestofffasern verstärkt wird, aber nicht wesentlich an Masse
20 verliert.

- Aus der US 20120124994 A1 ist ein Verdichterrad aus Kunststoff bekannt. Das Verdichterrad wird dabei mit Kohlenstoffnanotubes verstärkt. Allerdings unterscheidet sich die Materialkombination von Kunststoff mit Kohlenstoffnanotubes stark von metallischen Matrixmaterialien. Kunststoff erhält durch die Nanotubes
25 vor allen eine erhöhte Leitfähigkeit, wird aber spröder.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung einen Verdichter mit einem Verdichterrad

zur Verfügung zu stellen, der hohe Verdichtungsleistungen bei geringer elektrischer Aufnahmeleistung des Motors, also bei geringer Masseträgheit ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verdichter zum Verdichten von Zuluft für eine energieerzeugende Maschine mit einem elektrischen Antrieb und einem mit dem elektrischen Antrieb über eine Achse drehbar verbundenen Verdichterrad, wobei das Verdichterrad aus einem Metall mit einer Zumischung von Kohlenstoff aus einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen röhrenförmig kristallinen Modifikation besteht. Damit sind Kohlenstofffasern nicht mit umfasst.

Vorzugsweise ist das Metall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung speziell ein Aluminium AL7075.

Es ist dabei von Vorteil, dass der Kohlenstoff ein Graphen oder einen Nanoröhrchen (CNT) Struktur bildet.

Die Verwendung des Materials aus einer Aluminiummatrix mit eingelagerten Graphenen oder eingelagerten Nanoröhrchen verbessert die Materialparameter wie Elastizität, Zugfestigkeit deutlich, bei entsprechender Reduzierung der Dichte des Materials. Dadurch werden die Masse und damit die Trägheit des Verdichterrades dramatisch verringert.

Nanoröhrchen aus Kohlstoff weisen hexagonal angeordnete Atome auf, die sich in einer hohlen Form verbinden. Nanoröhren können ein- oder mehrwandig sein und die Wand kann sowohl einen geschlossenen Ring, als auch eine spiralförmige Struktur ausbilden. Die Enden der Röhren können geschlossen oder geöffnet sein, und das Innere kann leer oder gefüllt sein.

Während die Nanoröhrchen bereits als Material vorhanden sind und in der Industrie eingesetzt werden, versprechen Graphene in der Zukunft eine weitere deutliche Verbesserung des Verbund-Materials. Graphene sind durch drei kovalente Bindungen der Kohlenstoffatome zu einer zweidimensionalen hexagonalen Struktur verbunden. Die extrem hohe Stabilität des hexagonalen Gitters wird von ge-

ringen Gewicht und einer Unempfindlichkeit gegenüber aggressiven Stoffen begleitet.

Es ist dabei von Vorteil, dass das Massenverhältnis des Metalls zu den Kohlenstoff Nanoröhrchen 95:5 beträgt. Mit einem solchen Material wird die Masse des Verdichterrads deutlich geringer und die Trägheit reduziert.

Vorteilhafterweise liegt die Dichte des Materials unter der Dichte von Aluminium.

Es ist dabei von Vorteil, dass das Verdichterrad aus gegossenem oder gesintertertem Material besteht.

In einer Ausführungsform wird das Verdichterrad beschichtet.

Als minimale Ausstattung besitzt das Verdichterrad mindestens zwei Flügel, die optimal an die Aufgabe anzupassen sind.

Vorteilhafterweise besitzen die Flügel des Verdichterrads eine minimale Wandstärke über ihren Verlauf teilweise von kleiner 1 mm, vorzugsweise 0,75 mm.

Durch die optimierten Materialparameter können Wandstärken verringert und so zusätzlich Masse eingespart werden.

Es ist dabei von Vorteil, dass der Verdichter im Saugbereich eines Verbrennungsmotors oder einer Brennstoffzelle angeordnet ist oder Teil eines Abgasurboladers darstellt.

Es ist dabei von Vorteil, dass der Verdichter mindestens einen Eingang und mindestens einen Auslass für ein gasförmiges Medium aufweist, um für alle möglichen Einsatzorte und Einsatzanforderungen angepasst zu sein.

Vorteilhafterweise ist der Verdichter mit einem BLDC oder einem SR elektrischen Motor auszustatten, je nach Bauraummöglichkeiten und Gewichtsanforderungen, sowie die Anforderungen an die Ansteuerung.

Es ist von Vorteil, dass das Verdichterrad auf der Welle mit einer Schraubverbindung befestigt ist. Eine konventionelle Befestigung erlaubt den einfachen Aufbau und ein problemloses Auswuchten der Verdichterrad- Welle-Kombination.

Alternativ ist es auch möglich, dass das Verdichterrad auf die Welle verpresst ist.

Es ist dabei von Vorteil, dass das Verdichterrad und die Welle ein einstückiges Bauteil sind, um so weitere Gewichtsreduktionen der drehenden Teile zu erzielen.

Es ist dabei von Vorteil, dass das Verdichterrad, die Welle und ein Rotor des elektrischen Antriebs aus einem einstückigen Bauteil bestehen.

Es ist von Vorteil, dass beim Verfahren zur Herstellung eines Verdichterrads das Verdichterrad aus Metall mit Kohlenstoffanteil als Rohling hergestellt und dass der Rohling mit Fräsverfahren bearbeitet wird.

Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft unter Bezugnahme auf die beige-
5 ten Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der beispielhaften Ausführungsform.

Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes Verdichterrad

Fig. 3 zeigt einen erweiteren Baugruppe.

10

Figur 1 zeigt schematisch in einem Längsschnitt einen Kompressor 1 mit einem Verdichtergehäuse 12, das einen Einlass 2 und einen Auslass 3 für die verdichtete Zuluft zur Verbrennungsmaschine oder zur Brennstoffzelle aufweist.

15 Eine Welle 6 wird in einem Gehäuse 13 über Lagerstellen 14 gelagert, in dem

auch ein elektrischer Antrieb 4 eingebaut ist. Der elektrische Antrieb 4 besitzt einen Innenläufermotor mit einem Rotor 7, der auf der Welle 6 sitzt. Der elektrische Motor ist dabei nur ein Ausführungsbeispiel. Bei dem Motor kann es sich um einen bürstenlose Gleichstrommotor, einen BLDC-Motor handeln. Diese Motoren
5 sind verschleißfrei zu betreiben und weisen bei geeigneter Ansteuerung ein gutes Regelverhalten auf.

Alternativ kommen Synchron-Reluktanzmotoren (SR) zum Einsatz. Der Vorteil eines Reluktanzmotors ist der Umstand, dass Verluste praktisch nur im ruhenden und somit von außen gut kühlbaren Stator entstehen. Somit sind entsprechend
10 gebaute Reluktanzmotoren tolerant gegen kurzzeitige Überlastung. Durch den vergleichsweise einfachen Aufbau des Rotors ohne Spulen oder spezielle Werkstoffe, es werden keine Dauermagnete benötigt, kann der Rotor robust und bei entsprechender Konstruktion tolerant gegen Überdrehzahl ausgeführt werden.

15 Am Gehäuse 13 ist eine Steuerung 8 angeflanscht. Die Steuerung 8 enthält die Leistungselektronik sowie die eigentliche Steuerung. Gegebenenfalls kann die Steuerungselektronik auch extern vorgesehen sein und nur in Verbindung mit der Leitungselektronik stehen. Die Welle 6 trägt ein Verdichterrad 5, das in den Bau-
raum des Verdichtergehäuses hineinragt. Das Verdichterrad stützt sich mit seiner
20 Basis 17 gegen eine Schulter 15 der Welle 6 ab. An der Spitze 18 des Verdichterrads steht die Welle 6 über, wobei sie entlang des Überstands ein Gewinde trägt. Mit einer Mutter 16 wird das Verdichterrad gegen die Schulter 15 gespannt und gehalten.

25 Als alternative Ausführung kann das Verdichterrad auch auf die Welle 6 gepresst werden, die Welle kann dazu mit einer Rändelung versehen werden, um diese Verbindung zu optimieren.

Das für die Welle verwendete Material kann aus Stahl bestehen oder ebenfalls

aus Verbundmaterialien wie einem Kohlestoff-Faser verstärkten Material.

Das für das Verdichterrad verwendete Material ist dabei für die Reduzierung der Trägheit von großer Bedeutung. Daher wird Aluminium oder eine Aluminiumlegierung unter Beimischung von Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nano Tubes CNT) verwendet. CNTs sind sehr stabil. Die Zugfestigkeit einer mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhre wurde zu 63 GPa bestimmt, das entspricht etwa dem 50-fachen von Stahl, und dies bei deutlich geringerem Gewicht der CNTs. Sie können zudem isolierend, halbleitend oder metallisch leitend sein. Je nachdem, wie sie hergestellt werden, können ihre Eigenschaften direkt eingestellt werden.

Die Herstellung der Metallmatrix-Komposite erfolgt für Aluminium oder Magnesium bevorzugt über die schmelzmetallurgische Route, für Titan durch Sintern.

Die schmelzmetallurgische Herstellung von Al-CNT-Kompositen erfolgte entweder durch direkte Zugabe der CNTs in die Aluminiumschmelze oder über ein Vorprodukt aus CNTs und Aluminium. Die Gießbarkeit der CNT-Al-Schmelze ist weiterhin gut, auch wenn eine leichte Zunahme der Viskosität erkennbar ist.

Für die Zukunft bilden Graphene ein hohes Potential, die eine Modifikation des Kohlenstoffs mit zweidimensionaler Struktur darstellen, in der jedes Kohlenstoffatom im Winkel von 120° von drei weiteren umgeben ist, sodass sich ein bienenwabenförmiges Muster ausbildet. Graphene versprechen weitere Erhöhungen des Zugfestigkeit und somit eine weitere Materialverbesserung.

Die Verdichterräder werden dabei aus dem Composite-Material als Rohling hergestellt und mittels Fräsverfahren in die gewünschte Form gebracht. Dabei werden Formen für die Flügel verwendet, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind. Es werden mindestens zwei Flügel vorgesehen.

In Figur 2 ist ein Längsschnitt durch ein beispielhaftes Verdichterrad zu erkennen. Das Verdichterrad weist einen Hohlzylinder auf, der für die Aufnahme

der Welle 6 vorgesehen ist.

Es sind Ansätze von mehreren Flügeln 11 zu erkennen, die einen Verlauf von der Spitze 18 des Verdichterrads bis zur Basis 17 zeigen. Dabei können die Flügel auch einen radial-spiralförmigen Verlauf entlang der Oberfläche haben.

- 5 Das Verdichterrad weist an seiner Basis einen weiteren Hohlraum 10 auf, der eine Aussparung zwischen dem Hohlzylinder für die Welle und einem Flügel 11 darstellt. Die Wandstärke s des Flügels wird dadurch reduziert. Sie kann durch die Verwendung des Composite-Materials auf unter 1 mm Wandstärke sinken. Als besonders vorteilhaft hat sich dabei eine Wandstärke von 0,75 mm erwiesen.
- 10 Diese Wandstärke ist eine minimale Wandstärke, die sich entlang des Verlaufs des Flügels erhöht. Die minimale Dicke ist in diesem Beispiel im Flankenbereich 19 des Flügels markiert. Die minimale Stärke kann aber auch im Randbereich oder in beiden Bereichen vorhanden sein.

Das Verdichterrad ist in dieser Bauform an seiner Spitze 18 abgeflacht ausgeführt.

- 15 In einer alternativen Ausführungsform wird die Welle 6, die in der Figur 2 nicht ausgeführt ist, direkt mit dem Verdichterrad verbunden, sei es durch Einpressung, Verschraubung mit einem Innengewinde im Verdichterrad oder durch Einkleben der Welle. Dadurch erübrigt sich die Abflachung der Spitze und das Verdichterrad kann mit einer strömungsgünstigeren Nase 21 wie in Figur 3 gezeigt ausgeführt werden.
- 20

In Figur 3 wird eine Weiterbildung des Verdichterrads gezeigt. Dabei wird die Welle 6 als Hohlwelle direkt mit dem Verdichterrad hergestellt. Die Welle 6 muss keine Hohlwelle sein, diese Bauform ist aber wegen der reduzierten Masse einer Vollwelle vorzuziehen.

- 25 Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass auch der Rotor 7 des elektrischen Antriebs direkt mithergestellt wird und zusammen mit Verdichterrad und Welle

eine aus einem Material hergestelltes Bauteil bildet. Auch dieses Bauteil wird als erweitertes Verdichterrad verstanden.

Die erfindungsgemäße Lösung für einen Verdichter kommt an unterschiedlichen Stellen zum Einsatz. Als Kompressor für das Verdichten von Saugluft einer Verbrennungsmaschine ist der Verdichter vor der Ansaugöffnung angeordnet. Dabei ist die Anzahl der Ein- und Auslässe durch die bauliche Aufgabe bestimmt und nicht auf jeweils einen Einlass und einen Auslass limitiert.

Auch kann der erfindungsgemäße Verdichter in einem Turbolader im Abstrom angeordnet sein.

10

15

Bezugszeichenliste

1	Verdichter
2	Einlass
3	Auslass
4	Elektrischer Antrieb
5	Verdichterrad
6	Welle
7	Rotor
8	Steuerung
9	Hohlzylinder
10	Hohlraum
11	Flügel
12	Verdichtergehäuse
13	Gehäuse
14	Lagerstellen
15	Schulter
16	Mutter
17	Basis
18	Spitze
19	Flankenbereich
20	Randbereich
21	Nase

Ansprüche

1. Verdichter zum Verdichten von Zuluft für eine energieerzeugende Maschine mit einem elektrischen Antrieb und einem mit dem elektrischen Antrieb über einen Achse drehbar verbundenen Verdichterrad, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad aus einem Metall mit einer Zumischung von Kohlenstoff aus einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen, röhrenförmig kristallinen Modifikation besteht.
2. Verdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung ist.
3. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aluminium AL7075 ist.
4. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoff ein Graphen ist.
5. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoff Nanoröhrchen (CNT) bildet.
6. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Massenverhältnis des Metalls zu den Kohlenstoff Nanoröhrchen 95:5 beträgt.
7. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte des Materials unter der Dichte von Aluminium liegt
8. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad aus gegossenem oder gesintertertem Material besteht.

9. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad beschichtet ist.
10. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad mindestens zwei Flügel aufweist.
11. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flügel des Verdichterrads eine minimalen Wandstärke über ihren Verlauf teilweise von kleiner 1 mm besitzen.
12. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die minimale Wandstärke 0,75 mm der Flügel beträgt.
13. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter im Saugbereich eines Verbrennungsmotors angeordnet ist.
14. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter im Saugbereich einer Brennstoffzelle angeordnet ist.
15. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter Teil eines Abgasturboladers ist.
16. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter mindestens einen Eingang und mindestens einen Auslass für ein gasförmiges Medium aufweist.
17. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Motor ein BLDC oder ein SR Motor ist.
18. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad auf der Welle mit einer Schraubverbindung befestigt ist.

19. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad auf die Welle verpresst ist.
20. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad und die Welle ein einstückiges Bauteil sind.
21. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad, die Welle und der Rotor des elektrischen Antriebs aus einem einstückigen Bauteil bestehen.
22. Verfahren zur Herstellung eines Verdichterrads nach Ansprüchen 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad aus Metall mit Kohlenstoffmodifikationen als Rohling hergestellt wird und dass der Rohling mit einem Fräsverfahren bearbeitet wird.

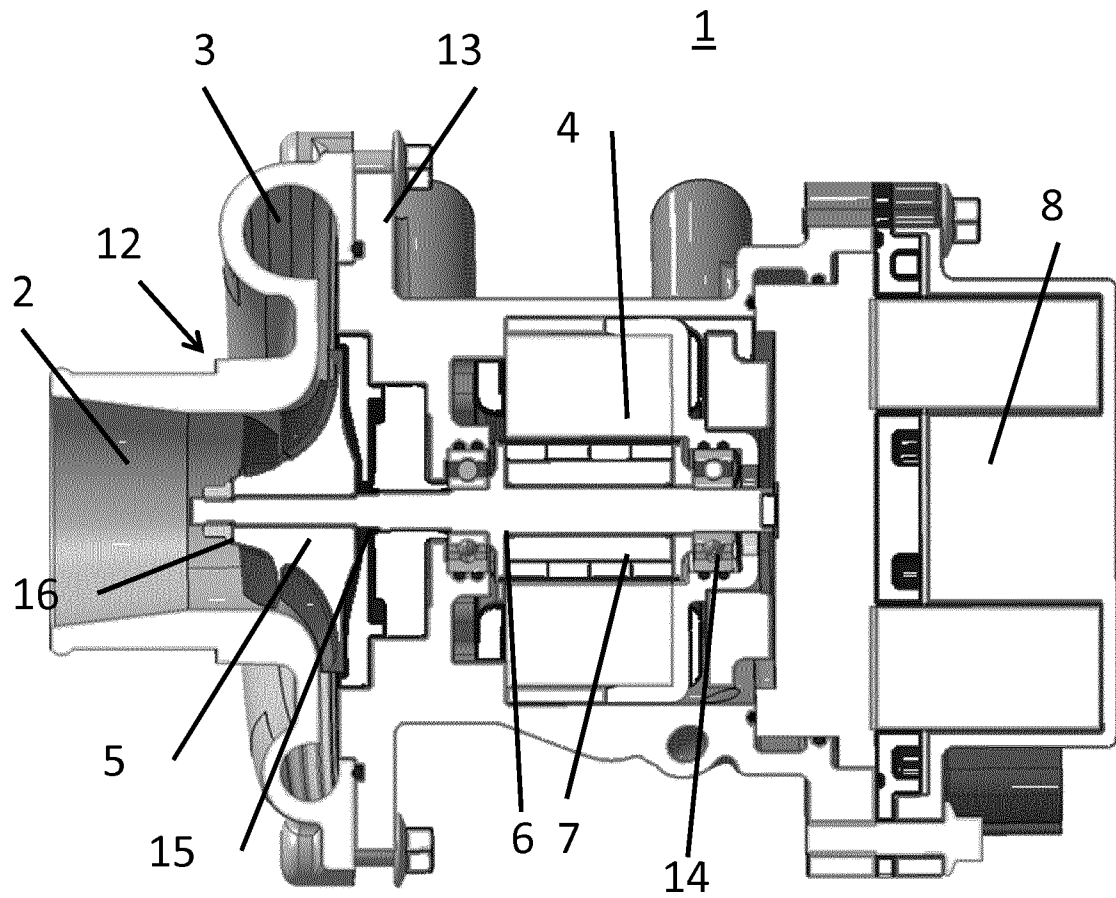
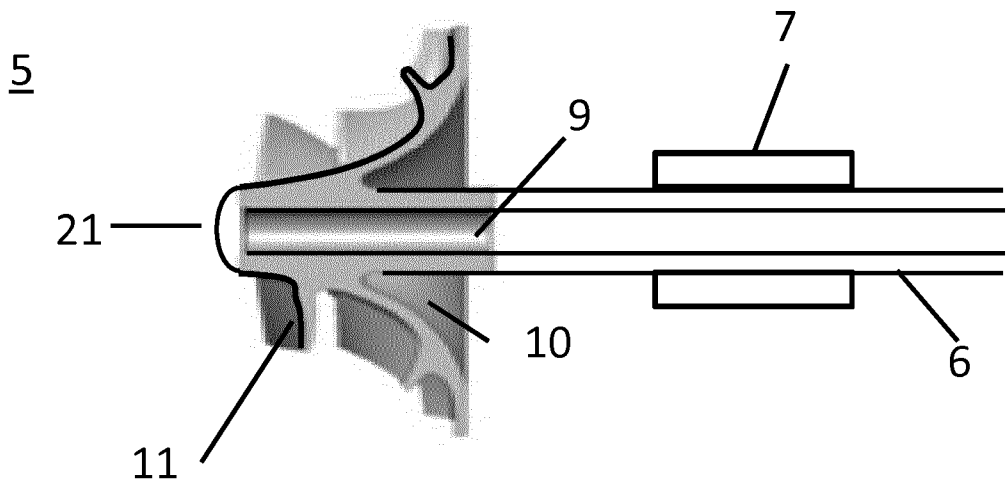
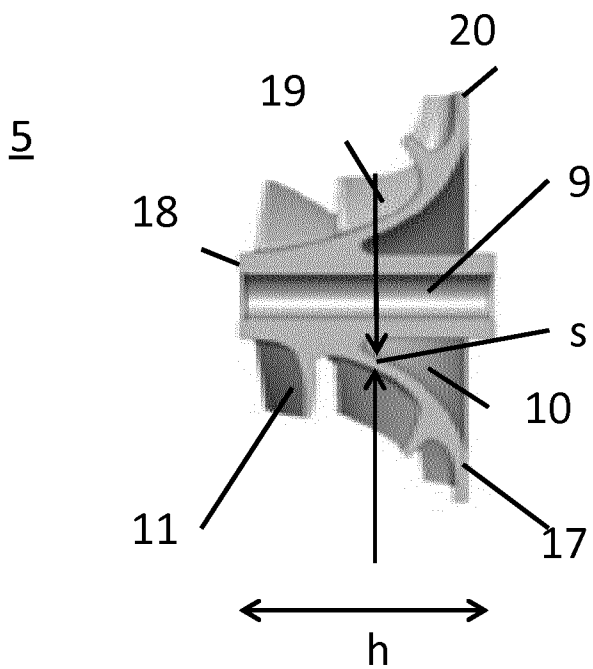


Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/075613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F04D29/02 F04D29/28 F01D5/28
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 F01D C01B C22C

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, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012/124994 A1 (HOMMES DANIEL J [US] ET AL) 24 May 2012 (2012-05-24) cited in the application	1-10,13, 15,16,22
A	paragraph [0014] - paragraph [0015]; figure 1	11,12, 14,17-21
Y	----- CN 102 864 324 A (UNIV NORTHEASTERN) 9 January 2013 (2013-01-09)	1-10,13, 15,16,22
A	paragraph [0003] paragraphs [0006], [0007], [0014], [0015] paragraph [0023]	14
Y	----- EP 2 740 943 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 11 June 2014 (2014-06-11) paragraph [0006] - paragraph [0010] paragraphs [0016], [0021]; claim 9	1,2,4,5, 8,22
	----- -/-	



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

21 January 2016

Date of mailing of the international search report

02/02/2016

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

Di Giorgio, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/075613

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2008 025700 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3 December 2009 (2009-12-03) paragraph [0027] - paragraph [0030]; figure 1 -----	1,22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/075613

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012124994 A1	24-05-2012	CN 102478022 A	30-05-2012
		DE 102011118890 A1	24-05-2012
		US 2012124994 A1	24-05-2012

CN 102864324 A	09-01-2013	NONE	

EP 2740943 A2	11-06-2014	CN 103850949 A	11-06-2014
		DE 102012222230 A1	05-06-2014
		EP 2740943 A2	11-06-2014
		JP 2014111939 A	19-06-2014

DE 102008025700 A1	03-12-2009	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F04D29/02 F04D29/28 F01D5/28
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F04D F01D C01B C22C

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, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2012/124994 A1 (HOMMES DANIEL J [US] ET AL) 24. Mai 2012 (2012-05-24) in der Anmeldung erwähnt	1-10,13, 15,16,22
A	Absatz [0014] - Absatz [0015]; Abbildung 1	11,12, 14,17-21
Y	----- CN 102 864 324 A (UNIV NORTHEASTERN) 9. Januar 2013 (2013-01-09)	1-10,13, 15,16,22
A	Absatz [0003] Absätze [0006], [0007], [0014], [0015] Absatz [0023]	14
Y	----- EP 2 740 943 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 11. Juni 2014 (2014-06-11) Absatz [0006] - Absatz [0010] Absätze [0016], [0021]; Anspruch 9	1,2,4,5, 8,22
	----- -/-	



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

21. Januar 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/02/2016

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

Di Giorgio, F

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2008 025700 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. Dezember 2009 (2009-12-03) Absatz [0027] - Absatz [0030]; Abbildung 1 -----	1,22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/075613

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012124994	A1	24-05-2012	CN 102478022 A	30-05-2012
			DE 102011118890 A1	24-05-2012
			US 2012124994 A1	24-05-2012

CN 102864324	A	09-01-2013	KEINE	

EP 2740943	A2	11-06-2014	CN 103850949 A	11-06-2014
			DE 102012222230 A1	05-06-2014
			EP 2740943 A2	11-06-2014
			JP 2014111939 A	19-06-2014

DE 102008025700	A1	03-12-2009	KEINE	
