



(11) **EP 2 581 553 B9**

(12) **KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(15) Korrekturinformation:
Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe
Beschreibung Abschnitt(e) 11
Ansprüche DE 7

(51) Int Cl.:
F01D 5/02 ^(2006.01) **F01D 21/00** ^(2006.01)
G01M 1/22 ^(2006.01)

(48) Corrigendum ausgegeben am:
26.09.2018 Patentblatt 2018/39

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.03.2018 Patentblatt 2018/11

(21) Anmeldenummer: **11184723.2**

(22) Anmeldetag: **11.10.2011**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpfguppe**

Method and device for dynamically measuring the imbalance of the rotor of a turbocharger core assembly

Procédé et dispositif de mesure dynamique du balourd du rotor d'un composant intermédiaire de turbosoufflante

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.04.2013 Patentblatt 2013/16

(73) Patentinhaber: **Schenck RoTec GmbH**
64293 Darmstadt (DE)

(72) Erfinder:
• **Breitwieser, Matthias**
64823 Groß-Umstadt (DE)

• **Grosseheweg, Jochen**
55122 Mainz (DE)

(74) Vertreter: **Haar, Lucas Heinz Jörn et al**
haarpent
Patentanwälte Krämer Meyer
Goethestraße 2
61231 Bad Nauheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 0 426 676 EP-B1- 0 922 950
DE-A1-102005 053 786 DE-A1-102008 016 937
DE-A1-102009 008 955

EP 2 581 553 B9

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpfgruppe, wobei der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle umfasst, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpfgruppe gelagert ist.

[0002] Abgasgetriebene Turbolader haben einen Rotor, der im Betrieb mit einer sehr hohen Drehzahl von oft über 100.000 Umdrehungen pro Minute dreht und daher zur Vermeidung von Geräuschen und zu hohen Lagerbelastungen sehr genau ausgewuchtet werden muss. Der Rotor besteht in der Regel aus einer in einem Lagergehäuse gelagerten Welle, die an einem Ende ein Turbinenrad und am anderen Ende ein Verdichterrad trägt. Die Messung der Unwucht des Rotors erfolgt aus Genauigkeitsgründen in der Regel bei einer im wesentlichen der normalen Arbeitsgeschwindigkeit entsprechenden Winkelgeschwindigkeit.

[0003] Aus EP 0 426 676 B1 ist ein Verfahren der angegebenen Art zum dynamischen Ausgleich der Unwucht des Hochgeschwindigkeitsrotors eines abgasangetriebenen Turboladers bekannt, bei dem das Turbolader-Mittelgehäuse, in dem der Rotor gelagert ist, mit einem das Turbinenrad umschließenden Gehäuse und einem das Verdichterrad umschließenden Gehäuse fest verbunden wird und die so gebildete Einheit mit Hilfe von biegsamen Balgschläuchen, die an den beiden Gehäusen angreifen, in einem Rahmen in allen drei Raumrichtungen bewegbar weich gelagert wird. An den Gehäusen sind Beschleunigungsaufnehmer angeordnet, deren Beschleunigungssignale in Verbindung mit einem optisch gemessenen Phasenwinkel zur Bestimmung von Größe und Lage der Unwucht verarbeitet werden. Hierbei beeinträchtigen die an dem Turbolader-Mittelgehäuse angebrachten Gehäuseteile das Schwingungsverhalten und damit die Messung der Unwucht erheblich.

[0004] Bei einem weiteren aus DE 10 2005 053 786 A1 bekannten Verfahren zum dynamischen Messen der Unwucht eines mit hoher Winkelgeschwindigkeit drehenden Turbolader-Rotors, der in einem separaten Mittelgehäuse gelagert ist, wird das Mittelgehäuse mittels Spannpatzen an einem Lagerring befestigt, der unter Zwischenschaltung federnd nachgiebiger Elemente an dem Turbinengehäuse derart befestigt, dass das Mittelgehäuse mit dem Lagerring relativ zum Turbinengehäuse in drei Raumrichtungen bewegbar ist und das Turbinenrad des Rotor in einer zum Antrieb geeigneten Arbeitslage im Turbinengehäuse angeordnet ist. Das Verdichterrad ist zum Schutz mit einer Käfighaube abgedeckt. Zur Beschleunigung des Rotors auf eine im Wesentlichen normale Arbeitsgeschwindigkeit wird das Turbinenrad des Rotors mit Luft angetrieben. Während der Rotor mit verschiedenen Drehzahlen und einer im wesentlichen normalen Arbeitsgeschwindigkeit dreht, erfolgt das Messen der durch Unwucht induzierten Schwingungen und die Bestimmung der Phasenlage der induzierten Schwin-

gungen zur Winkellage des Rotors, um daraus die auszugleichende Unwucht des Rotors zu bestimmen. Dieses Verfahren eignet sich nicht für eine automatische Betriebsweise. Auch hat sich gezeigt, dass die nicht den Betriebsbedingungen entsprechende Anordnung des Verdichterrades die Messgenauigkeit beeinträchtigt.

[0005] Aus EP 0 922 950 B1 ist ein Verfahren zur Bestimmung der Unwucht eines Aggregats mit einem in einem Gehäuseelement gelagerten Rotor bekannt, bei dem das Aggregat mit dem Gehäuseelement über ein elastisches Lagermittel an einer Lagereinrichtung gelagert und der Rotor in Drehung versetzt wird, wobei das Drehverhalten des Rotors und Schwingungen erfasst und ausgewertet werden. Die Schwingungserfassung erfolgt hierbei an zumindest einer Stelle des Gehäuseelements mit einem kontaktlosen Schwingungssensor, beispielsweise einem Laservibrometer.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches eine automatische Durchführung der Unwuchtmessung mit großer Genauigkeit und unter betriebsnahen Bedingungen ermöglicht. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, eine zur Durchführung des Verfahrens besonders geeignete, einfache und kostengünstige Vorrichtung zu schaffen.

[0007] Die genannte Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale und hinsichtlich der Vorrichtung durch die in Patentanspruch 7 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 6 und der Vorrichtung in den Ansprüchen 8 bis 15 angegeben.

[0008] Nach der Erfindung umfasst das Verfahren zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpfgruppe, bei welcher der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpfgruppe gelagert ist, die Schritte:

- Anordnen eines Turbinengehäuses und eines Verdichtergehäuses in einem einen Zwischenraum bildenden Abstand voneinander an einem Maschinenbett,
- Befestigen eines ersten Lagerelements an dem Turbinengehäuse auf der dem Verdichtergehäuse zugekehrten Seite mittels axial und radial federnder Mittel,
- Befestigen eines zweiten Lagerelements an dem Verdichtergehäuse auf der dem Turbinengehäuse zugekehrten Seite mittels axial und radial federnder Mittel,
- Positionieren und Halten der Turbolader-Rumpfgruppe in dem Zwischenraum und zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement der Turbolader-Rumpfgruppe mittels einer an dem Mittelgehäuse angreifenden Haltevorrichtung,
- Verringern des Abstands zwischen dem Turbinengehäuse und dem Verdichtergehäuse und Ein-

spannen des Mittelgehäuses zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement derart, dass das Mittelgehäuse in wenigstens zwei Raumrichtungen federnd gelagert ist und das Verdichtergehäuse das Verdichterrad und das Turbinengehäuse das Turbinenrad mit einem die Federbewegungen in wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand umgibt,
 Entfernen der Haltevorrichtung von dem Mittelgehäuse,
 Anordnen wenigstens eines Schwingungssensors zur Messung der Schwingungen des Mittelgehäuses,
 Verbinden des Turbinengehäuses mit einer Druckluftquelle und Beschleunigen des Rotors durch Antreiben des Turbinenrads mit Druckluft auf eine im wesentlichen normale Arbeitsgeschwindigkeit,
 Messen der durch Unwucht induzierten Schwingungen am Mittelgehäuse während der Rotor mit einer im wesentlichen normalen Arbeitsgeschwindigkeit dreht, Bestimmung der Phasenlage der durch Unwucht induzierten Schwingungen zur Winkellage des Rotors bei den Messdrehzahlen, bei denen die durch Unwucht induzierten Schwingungen gemessen werden,
 Verwendung der gemessenen durch Unwucht induzierten Schwingungen und der Phasenlage, um die auszugleichende Unwucht des Rotors zu bestimmen.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine vollautomatische Messung der Unwucht eines Turboladerrotors unter betriebsähnlichen Bedingungen, d.h. bei Belastung. Dennoch ist die schwingfähige Masse vorteilhaft klein, so dass große Schwingungsamplituden erzielt werden können. Durch gekuppelte Gehäuse verursachte Schwingungen und Resonanzen, welche die Messgenauigkeit beeinträchtigen, werden vermieden. Das Verdichtergehäuse benötigt im Gegensatz zum Turbinengehäuse keine Anschlüsse, da die Luft aus der Atmosphäre angesaugt und in diese frei zurückströmen kann, kann aber ohne Nachteil auch an Schläuche angeschlossen sein. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist kostengünstig, weil keine komplizierte Spannvorrichtung zum Festspannen des Mittelgehäuses während der Messung benötigt wird. Entsprechend ist die Handhabung beim Einsetzen oder Entnehmen der Turbolader-Rumpffgruppe einfach und automatisch, beispielsweise mit Hilfe eines ein positionsgenau steuerbaren Handhabungsgreifers durchführbar.

[0010] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung können die Schwingungen des Mittelgehäuses berührungslos gemessen werden, indem beispielsweise ein Laservibrometer zum Messen der Schwingungen verwendet wird. Auf diese Weise können die Lagerelemente sehr einfach und besonders leicht ausgeführt werden, da sie keine Mittel zur Befestigung von Schwingungsaufnehmern benötigen.

[0011] Nach der Erfindung umfasst eine vorteilhafte Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpffgruppe, bei welcher der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpffgruppe gelagert ist, ein zur Aufnahme des Turbinenrads ausgebildetes, an einem Maschinenbett gelagertes Turbinengehäuse, das zum Beschleunigen des Rotors durch Antreiben des Turbinenrads mittels Druckluft mit einer Druckluftquelle verbindbar ist und das ein mittels Federn in wenigstens zwei Raumrichtungen bewegbar gelagertes erstes Lagerelement aufweist, an dem die Turbinenseite des Mittelgehäuses in einem Bewegungen des Mittelgehäuses und des Turbinenrads in den wenigstens zwei Raumrichtung zulassenden Abstand von dem Turbinengehäuse abstützbar ist, ein Schwingungssensor zur Messung der Schwingung des Mittelgehäuses, und ein zur Aufnahme des Verdichterrads ausgebildetes, an dem Maschinenbett gelagertes Verdichtergehäuse, das ein mittels Federn in wenigstens zwei Raumrichtungen bewegbar gelagertes zweites Lagerelement aufweist, an dem die Verdichterseite des Mittelgehäuses in einem Bewegungen des Mittelgehäuses und des Verdichterrads in den wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand von dem Verdichtergehäuse abstützbar ist, und durch eine an dem Mittelgehäuse angreifende, lösbare Haltevorrichtung, durch welche die Turbolader-Rumpffgruppe zwischen dem Turbinengehäuse und dem Verdichtergehäuse festhaltbar ist, wobei das Turbinengehäuse und/oder das Verdichtergehäuse gegenüber dem Maschinenbett in axialer Richtung derart verstellbar ist, dass der Abstand zwischen dem Turbinengehäuse und dem Verdichtergehäuse verändert und das Mittelgehäuse zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement eingespannt werden kann.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist einfach zu handhaben und ermöglicht eine vollautomatische Durchführung der Unwuchtmessung. Die Mittel zur Aufnahme der Turbolader-Rumpffgruppe sind einfach und ermöglichen eine kostengünstige Herstellung der Vorrichtung. Das erste und/oder zweite Lagerelement kann ein einfach herzustellender Lagerring sein, der eine Zentrierfläche des Mittelgehäuses umgreift. Am Turbinengehäuse kann vorteilhaft eine flexible Dichtung angebracht, die dichtend mit dem Mittelgehäuse verbindbar ist.

[0013] Zur Schwingungsmessung kann nach der Erfindung dem Mittelgehäuse ein berührungslos messender Schwingungssensor, insbesondere ein Laservibrometer zugeordnet sein.

[0014] Als Haltevorrichtung zum Halten der Turbolader-Rumpffgruppe während des Spannvorgangs kann nach der Erfindung eine an dem Turbinengehäuse oder dem Verdichtergehäuse angeordnete Spannvorrichtung oder ein positionsgenau steuerbarer Handhabungsgreifer dienen. Weiterhin kann zum automatischen Spannen das Turbinengehäuse und/oder das Verdichtergehäuse durch einen Aktor in axialer Richtung verstellbar sein.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines

Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Die Zeichnung zeigt schematisch die Gestaltung einer Unwuchtmessvorrichtung mit darin angeordneter Turbolader-Rumpffgruppe.

[0016] Die dargestellte Unwuchtmessvorrichtung umfasst ein Turbinengehäuse 1, ein Verdichtergehäuse 2 und ein Maschinenbett 3. Die Unwuchtmessvorrichtung ist zur Aufnahme einer Turbolader-Rumpffgruppe 4 bestimmt und eingerichtet, die ein Mittelgehäuse 5 mit einem darin gelagerten Rotor 6 umfasst, der an seinem einen Ende ein Turbinenrad 7 und an seinem anderen Ende ein Verdichterrad 8 hat. Das Mittelgehäuse 5 weist auf der dem Verdichterrad 8 zugewandten Seite einen tellerförmigen Flansch 9 auf, an dem die Turbolader-Rumpffgruppe 4 gespannt werden kann. Weiterhin ist an den beiden Stirnseiten des Mittelgehäuses jeweils ein zylindrischer Ringbund 10, 11 ausgebildet. Zwischen dem Turbinenrad 7 und dem Ringbund 10 ist ein Hitzeschutzschild 12 angeordnet.

[0017] Das Turbinengehäuse 1 der Unwuchtmessvorrichtung weist eine Turbinenkammer 13, einen diese umgebenden Spiralkanal 14 mit nicht dargestelltem Einlass und einen zentralen Auslasskanal 15 auf. An dem Turbinengehäuses 1 ist auf der dem Verdichtergehäuse 2 zugekehrten Seite konzentrisch zur Turbinenachse ein ringförmiges erstes Lagerelement 16 angeordnet, welches axial und radial beweglich mittels Federn 17 an dem Turbinengehäuses 1 gehalten und abgestützt ist. Das Lagerelement 16 weist eine zur Turbinenachse orthogonale Anlagefläche 18 für das Mittelgehäuse 5 bzw. das Hitzeschutzschild 12 auf und kann bei Bedarf zusätzlich mit einer Zentrierfläche versehen sein.

[0018] Das Verdichtergehäuse 2 weist auf der dem Turbinengehäuse 1 zugekehrten Seite eine Verdichterkammer 20 mit einem zentralen Einlasskanal 21 und einem Spiralkanal 22 auf, der sich an den radial äußeren Rand der Verdichterkammer 20 anschließt. Der Auslass des Spiralkanals 22 ist nicht dargestellt. Das Verdichtergehäuse 2 ist weiterhin mit einer Spannvorrichtung 23 mit drehbaren Spannhebeln 24 versehen. Auf der dem Turbinengehäuses 1 zugekehrten Seite weist das Verdichtergehäuse 2 ein ringförmiges zweites Lagerelement 25 auf, das konzentrisch zur Verdichterachse angeordnet und in radialer und axialer Richtung mittels Federn 26 am Verdichtergehäuse 2 abgestützt und gehalten ist. Das Lagerelement 25 hat eine zur Verdichterachse orthogonale Anlagefläche 27 und eine zylindrische Zentrierbohrung 28.

[0019] Das Turbinengehäuse 1 ist durch starre Befestigungsmittel 30 mit dem Maschinenbett 3 verbunden. Die Befestigungsmittel 30 sind lösbar und ermöglichen nach dem Lösen ein Bewegen des Turbinengehäuses 1 in axialer Richtung, um den Abstand zwischen dem Turbinengehäuse 1 und dem Verdichtergehäuse 2 auf das für die Unwuchtmessung oder für das Einsetzen und Entnehmen jeweils erforderliche Maß ändern zu können. Alternativ kann auch die Lagerung des Verdichtergehäuses 2 mit einer zur Änderung des Abstands erforderlichen

Bewegbarkeit ausgebildet sein. Als Befestigungsmittel und Mittel zum Bewegen des Turbinengehäuses 1 oder des Verdichtergehäuses 2 kann ein blockierbarer Aktor, z.B. ein pneumatischer oder hydraulischer Hubzylinder oder ein Linearmotor verwendet werden.

[0020] Zur Erfassung von Schwingungen ist an Maschinenbett 3 ein berührungslos messender Schwingungsaufnehmer 31 angebracht, welcher Schwingungen des Mittelgehäuses 5 der Turbolader-Rumpffgruppe 4 erfasst.

[0021] Für das Einsetzen der Turbolader-Rumpffgruppe 4 in die Unwuchtmessvorrichtung wird zuvor das Turbinengehäuse 1 an dem Maschinenbett 3 gelöst und vom Verdichtergehäuse 2 axial soweit entfernt, bis der für das Einsetzen notwendige Abstand zwischen Turbinen- und Verdichtergehäuse besteht. Danach wird die Turbolader-Rumpffgruppe 4 in die Unwuchtmessvorrichtung eingesetzt und zunächst an dem Verdichtergehäuse 2 angebracht, indem die Turbolader-Rumpffgruppe 4 mit dem Verdichterrad 8 in das Verdichtergehäuse 2 eingesetzt und das Mittelgehäuse 5 mit Hilfe der Spannvorrichtung 23 an dem Flansch 9 gespannt wird. Das Mittelgehäuse 5 ist hierdurch an dem Verdichtergehäuse 2 vorausgerichtet gehalten. Der Ringbund 11 des Mittelgehäuses 5 liegt axial an der Anlagefläche 27 des Lagerelements 25 an und greift in die Zentrierbohrung 28 ein.

[0022] Nach dem Festspannen der Turbolader-Rumpffgruppe 4 an dem Verdichtergehäuse 2 wird das Turbinengehäuse 1 in die in der Zeichnung dargestellte Position gebracht und am Maschinenbett 3 befestigt. Durch einen einstellbaren Anschlag 32 kann die geeignete Stellung des Turbinengehäuses 1 am Maschinenbett festgelegt sein. In dieser Stellung gelangt das an dem Ringbund 10 anliegende Hitzeschutzschild 12 des Mittelgehäuses 5 zur Ablage an dem Lagerelement 16 und die Federn 17 und 26 werden in axialer Richtung soweit gespannt, dass das Mittelgehäuse 5 sicher und begrenzt beweglich von den Lagerelementen 16, 25 gehalten ist. In dieser Position haben der Rotor 6 und das Mittelgehäuse 5 gegenüber dem Turbinengehäuse 1 und dem Verdichtergehäuse 2 jeweils einen solchen Abstand, dass es infolge der während eines Messlaufs auftretenden Schwingungen nicht zu einer Berührung zwischen ihnen kommt. Nachdem das Mittelgehäuse 5 zwischen den Lagerelementen 15, 25 eingespannt ist, wird die Spannvorrichtung 23 geöffnet, wodurch die Spannhebel 24, wie in der unteren Hälfte der Zeichnung gezeigt, von dem Flansch 9 entfernt werden. Die Turbolader-Rumpffgruppe 4 kann nun zusammen mit den Lagerelementen 16, 25 in den Federn 17, 26 frei schwingen, wie es für eine genaue Messung der Unwuchten des Rotors 6 erforderlich ist.

[0023] Alternativ kann das Einsetzen und Halten der Turbolader-Rumpffgruppe 4 beim Spannen mittels eines positionsgenau steuerbaren Handhabungsgreifers erfolgen, der das Mittelgehäuse greift, einsetzt und in Position hält. Nach Beendigung des Spannvorgangs wird der Handhabungsgreifer geöffnet und vom Mittelgehäuse

entfernt.

[0024] Zur Messung einer Unwucht des Rotors 6 wird das Turbinenrad 7 mit Druckluft angetrieben und der Rotor 6 bis auf eine im Wesentlichen seiner normalen Arbeitsgeschwindigkeit entsprechenden Drehzahl beschleunigt. Zur Vermeidung von Blasgeräuschen kann am Turbinengehäuse 1 eine flexible Dichtung angebracht sein, die sich dichtend an das Hitzeschutzschild anlegt.

[0025] Durch eine vorhandene Unwucht des beschleunigten Rotors 6 werden in die schwingende Masse aus Turbolader-Rumpffgruppe 4 und Lagerelementen 16, 25 Schwingungen induziert, die mit Hilfe des Schwingungsaufnehmers 31 bei verschiedenen Drehzahlen gemessen werden. Gleichzeitig wird durch einen Drehwinkelgeber die jeweilige Phasenlage der gemessenen Schwingungen in Bezug auf den Rotor 6 bestimmt. Aus den gemessenen Werten wird dann mit Hilfe eines elektronischen Rechners Winkellage und Größe der auszugleichenden Unwucht berechnet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpffgruppe, bei welcher der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpffgruppe gelagert ist, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

Anordnen eines Turbinengehäuses (1) und eines Verdichtergehäuse (2) in einem einen Zwischenraum bildenden Abstand voneinander an einem Maschinenbett (3),
Befestigen eines ersten Lagerelements (16) an dem Turbinengehäuse (1) auf der dem Verdichtergehäuse (2) zugekehrten Seite mittels axial und radial federnder Mittel,
Befestigen eines zweiten Lagerelements (25) an dem Verdichtergehäuse (2) auf der dem Turbinengehäuse (1) zugekehrten Seite mittels axial und radial federnder Mittel,
Positionieren und Halten der Turbolader-Rumpffgruppe (4) in dem Zwischenraum und zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement (16, 25) der Turbolader-Rumpffgruppe (4) mittels einer an dem Mittelgehäuse (5) angreifenden Haltevorrichtung,
Verringern des Abstands zwischen dem Turbinengehäuses (1) und dem Verdichtergehäuse (2) und Einspannen des Mittelgehäuses (5) zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement (16, 25) derart, dass das Mittelgehäuse (5) in wenigstens zwei Raumrichtungen federnd gelagert ist und das Verdichterrad (8) und das Turbinengehäuse (1) das Turbinenrad (7) mit einem die Federbewe-

gungen in wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand umgibt,
Entfernen der Haltevorrichtung von dem Mittelgehäuse,
Anordnen wenigstens eines Schwingungssensors (31) zur Messung der Schwingungen des Mittelgehäuses (5),
Verbinden des Turbinengehäuses (1) mit einer Druckluftquelle und Beschleunigen des Rotors (6) durch Antreiben des Turbinenrads (7) mit Druckluft auf eine im wesentlichen normale Arbeitsgeschwindigkeit,
Messen der durch Unwucht induzierten Schwingungen am Mittelgehäuse (5) während der Rotor (6) mit einer im wesentlichen normalen Arbeitsgeschwindigkeit dreht,
Bestimmung der Phasenlage der durch Unwucht induzierten Schwingungen zur Winkellage des Rotors (6) bei den Messdrehzahlen, bei denen die durch Unwucht induzierten Schwingungen gemessen werden,
Verwendung der gemessenen durch Unwucht induzierten Schwingungen und der Phasenlage, um die auszugleichende Unwucht des Rotors (6) zu bestimmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingungen des Mittelgehäuses (5) berührungslos gemessen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Laservibrometer zum Messen der Schwingungen verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Haltevorrichtung eine am Turbinengehäuses (1) oder am Verdichtergehäuse (2) angeordnete Spannvorrichtung (23) verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Haltevorrichtung ein positionsgenau steuerbarer Handhabungsgreifer verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittelgehäuse (5) von wenigstens einem der ersten und zweiten Lagerelemente (16, 25) zentriert wird.
7. Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors (6) einer Turbolader-Rumpffgruppe (4), bei welcher der Rotor (6) ein Turbinenrad (7), ein Verdichterrad (8) und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse (5) der Turbolader-Rumpffgruppe (4) gelagert ist, mit einem zur Aufnahme des Turbinenrads (7) ausgebildeten, an einem Maschinenbett (3) gelagerten Turbinengehäuse (1), das zum

- Beschleunigen des Rotors (6) durch Antreiben des Turbinenrads (7) mittels Druckluft mit einer Druckluftquelle verbindbar ist und das ein mittels Federn (17) in wenigstens zwei Raumrichtungen bewegbar gelagertes erstes Lagerelement (16) aufweist, an dem die Turbinenseite des Mittelgehäuses (5) in einem Bewegungen des Mittelgehäuses (5) und des Turbinenrads (7) in den wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand von dem Turbinengehäuse (1) abstützbar ist, und mit einem Schwingungssensor (31) zur Messung der Schwingung des Mittelgehäuses (5), **gekennzeichnet durch** ein zur Aufnahme des Verdichterrads (8) ausgebildetes, an dem Maschinenbett (3) gelagertes Verdichtergehäuse (2), das ein mittels Federn (26) in wenigstens zwei Raumrichtungen bewegbar gelagertes zweites Lagerelement (25) aufweist, an dem die Verdichterseite des Mittelgehäuses (5) in einem Bewegungen des Mittelgehäuses (5) und des Verdichterrads (8) in den wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand von dem Verdichtergehäuse (2) abstützbar ist, und durch eine an dem Mittelgehäuse (5) angreifende, lösbare Haltevorrichtung, durch welche die Turbolader-Rumpffgruppe (4) zwischen dem Turbinengehäuse (1) und dem Verdichtergehäuse (2) festhaltbar ist, wobei das Turbinengehäuse (1) und das Verdichtergehäuse (2) an dem Maschinenbett (3) in axialer Richtung relativ zueinander derart verstellbar sind, dass das Mittelgehäuse (5) durch Veränderung des Abstands von Turbinengehäuse (1) und Verdichtergehäuse (2) zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement (16, 25) eingespannt werden kann.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite Lagerelement (16, 25) ein Lagerring ist, der eine Zentrierfläche des Mittelgehäuses (5) umgreift.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Turbinengehäuse (1) eine flexible Dichtung angebracht ist, die dichtend mit dem Mittelgehäuse (5) verbindbar ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Mittelgehäuse (5) ein berührungslos messender Schwingungssensor (31) zugeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungssensor (31) ein Laserservibrometer ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haltevorrichtung eine an dem Turbinengehäuse (1) oder dem Verdichtergehäuse (2) angeordnete Spannvorrichtung (23) ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haltevorrichtung ein positionsgenau steuerbarer Handhabungsgreifer ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Maschinenbett (3) ein einstellbarer Anschlag (32) zur Begrenzung der axialen Annäherung zwischen dem Turbinengehäuse (1) und dem Verdichtergehäuse (2) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Turbinengehäuse (1) und/oder das Verdichtergehäuse (2) durch einen Aktor in axialer Richtung verstellbar ist.

Claims

1. Method for dynamically measuring the unbalance of the rotor of a turbocharger core assembly, in which the rotor comprises a turbine wheel, a compressor wheel and a shaft that is mounted in a central housing of the turbocharger core assembly, **characterised by the steps of:**
- arranging a turbine housing (1) and a compressor housing (2) on a machine bed (3) at a mutual spacing that forms a gap,
- fastening a first bearing element (16) to the side of the turbine housing (1) facing the compressor housing (2), using axially and radially resilient means,
- fastening a second bearing element (25) to the side of the compressor housing (2) facing the turbine housing (1), using axially and radially resilient means,
- positioning and retaining the turbocharger core assembly (4) in the gap and between the first and second bearing element (16, 25) of the turbocharger core assembly (4) by means of a retaining device that engages with the central housing (5),
- reducing the spacing between the turbine housing (1) and the compressor housing (2), and clamping the central housing (5) between the first and second bearing element (16, 25) such that the central housing (5) is resiliently mounted in at least two spatial directions, and the compressor housing (2) encloses the compressor wheel (8), and the turbine housing (1) encloses the turbine wheel (7) at a spacing that permits spring movements in at least two spatial directions,
- removing the retaining device from the central housing,
- arranging at least one oscillation sensor (31) for

- measuring the oscillations of the central housing (5),
connecting the turbine housing (1) to a compressed air supply and accelerating the rotor (6) to a substantially normal operating speed by driving the turbine wheel (7) using compressed air,
measuring the oscillations, induced by unbalance, at the central housing (5) while the rotor (6) rotates at a substantially normal operating speed,
determining the phase position of the oscillations, induced by unbalance, relative to the angular position of the rotor (6) at the measuring rotational speeds at which the oscillations induced by unbalance are measured,
using the measured oscillations, induced by unbalance, and the phase position, in order to determine the unbalance of the rotor (6) to be compensated.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the oscillations of the central housing (5) are measured in a contactless manner.
 3. Method according to claim 2, **characterised in that** a laser vibrometer is used to measure the oscillations.
 4. Method according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** a clamping device (23) that is arranged on the turbine housing (1) or on the compressor housing (2) is used as the retaining device.
 5. Method according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** a handling gripper that can be controlled so as to be precisely positioned is used as the retaining device.
 6. Method according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** the central housing (5) is centred by at least one of the first and second bearing elements (16, 25).
 7. Device for dynamically measuring the unbalance of the rotor (6) of a turbocharger core assembly (4), in which the rotor (6) comprises a turbine wheel (7), a compressor wheel (8) and a shaft that is mounted in a central housing (5) of the turbocharger core assembly (4), the device comprising a turbine housing (1) that is designed for receiving the turbine wheel (7), is mounted on a machine bed (3), can be connected to a compressed air source in order to accelerate the rotor (6) by driving the turbine wheel (7) using compressed air, and comprises a first bearing element (16) that is mounted by means of springs (17) so as to be movable in at least two spatial directions and on which the turbine side of the central housing (5) can be supported at a spacing from the turbine housing (1) that permits movements of the central housing (5) and of the turbine wheel (7) in the at least two spatial directions, and comprising an oscillation sensor (31) for measuring the oscillation of the central housing (5), **characterised by** a compressor housing (2) that is designed for receiving the compressor wheel (8), is mounted on the machine bed (3) and comprises a second bearing element (25) that is mounted by means of springs (26) so as to be movable in at least two spatial directions and on which the compressor side of the central housing (5) can be supported at a spacing from the compressor housing (2) that permits movements of the central housing (5) and of the compressor wheel (8) in the at least two spatial directions, and by a detachable retaining device that engages with the central housing (5), by means of which retaining device the turbocharger core assembly (4) can be held firmly between the turbine housing (1) and the compressor housing (2), the turbine housing (1) and the compressor housing (2) being adjustable relative to one another in the axial direction on the machine bed (3) such that the central housing (5) can be clamped between the first and second bearing element (16, 25) by changing the spacing of the turbine housing (1) from the compressor housing (2).
 8. Device according to claim 7, **characterised in that** the first and/or second bearing element (16, 25) is a bearing ring that encompasses a centring surface of the central housing (5).
 9. Device according to either claim 7 or claim 8, **characterised in that** a flexible seal is attached to the turbine housing (1), which seal can be connected to the central housing (5) in a sealing manner.
 10. Device according to any of claims 7 to 9, **characterised in that** an oscillation sensor (31) that measures in a contactless manner is allocated to the central housing (5).
 11. Device according to claim 10, **characterised in that** the oscillation sensor (31) is a laser vibrometer.
 12. Device according to any of claims 7 to 11, **characterised in that** the retaining device is a clamping device (23) that is arranged on the turbine housing (1) or on the compressor housing (2).
 13. Device according to any of claims 7 to 11, **characterised in that** the retaining device is a handling gripper that can be controlled so as to be precisely positioned.
 14. Device according to any of claims 7 to 13, **characterised in that** an adjustable stop (32) is arranged

on the machine bed (3) in order to restrict the extent to which the turbine housing (1) and the compressor housing (2) approach one another axially.

15. Device according to any of claims 7 to 14, **characterised in that** the turbine housing (1) and/or the compressor housing (2) is adjustable in the axial direction by an actuator.

Revendications

1. Procédé de mesure dynamique du balourd du rotor d'un noyau de turbocompresseur, dans lequel le rotor comprend une roue de turbine, une roue de compresseur et un arbre logé dans un carter central du noyau de turbocompresseur, **caractérisé par** les étapes consistant :

à agencer sur un socle de machine (3) un carter de turbine (1) et un carter de compresseur (2) qui sont espacés l'un de l'autre avec un écartement formant un espace intermédiaire, à fixer un premier élément de support (16) au carter de turbine (1) sur la face dirigée vers le carter de compresseur (2) à l'aide de moyens axialement et radialement élastiques, à fixer un deuxième élément de support (25) au carter de compresseur (2) sur la face dirigée vers le carter de turbine (1) à l'aide de moyens axialement et radialement élastiques, à positionner et à retenir le noyau de turbocompresseur (4) dans l'espace intermédiaire et entre le premier et le deuxième élément de support (16, 25) du noyau de turbocompresseur (4) au moyen d'un dispositif de retenue agissant sur le carter central (5), à réduire l'écartement entre le carter de turbine (1) et le carter de compresseur (2) et à monter le carter central (5) entre le premier et le deuxième élément de support (16, 25), de telle sorte que le carter central (5) est logé élastiquement dans au moins deux directions spatiales et que le carter de compresseur (2) entoure la roue de compresseur (8) et que le carter de turbine (1) entoure la roue de turbine (7) avec un écartement permettant les mouvements élastiques dans au moins deux directions spatiales, à retirer le dispositif de retenue du carter central, à agencer au moins un capteur de vibrations (31) destiné à mesurer les vibrations du carter central (5), à relier le carter de turbine (1) à une source d'air comprimé et à accélérer le rotor (6) par entraînement de la roue de turbine (7) au moyen d'air comprimé à une vitesse de travail sensiblement normale, à mesurer les vibrations induites par le balourd

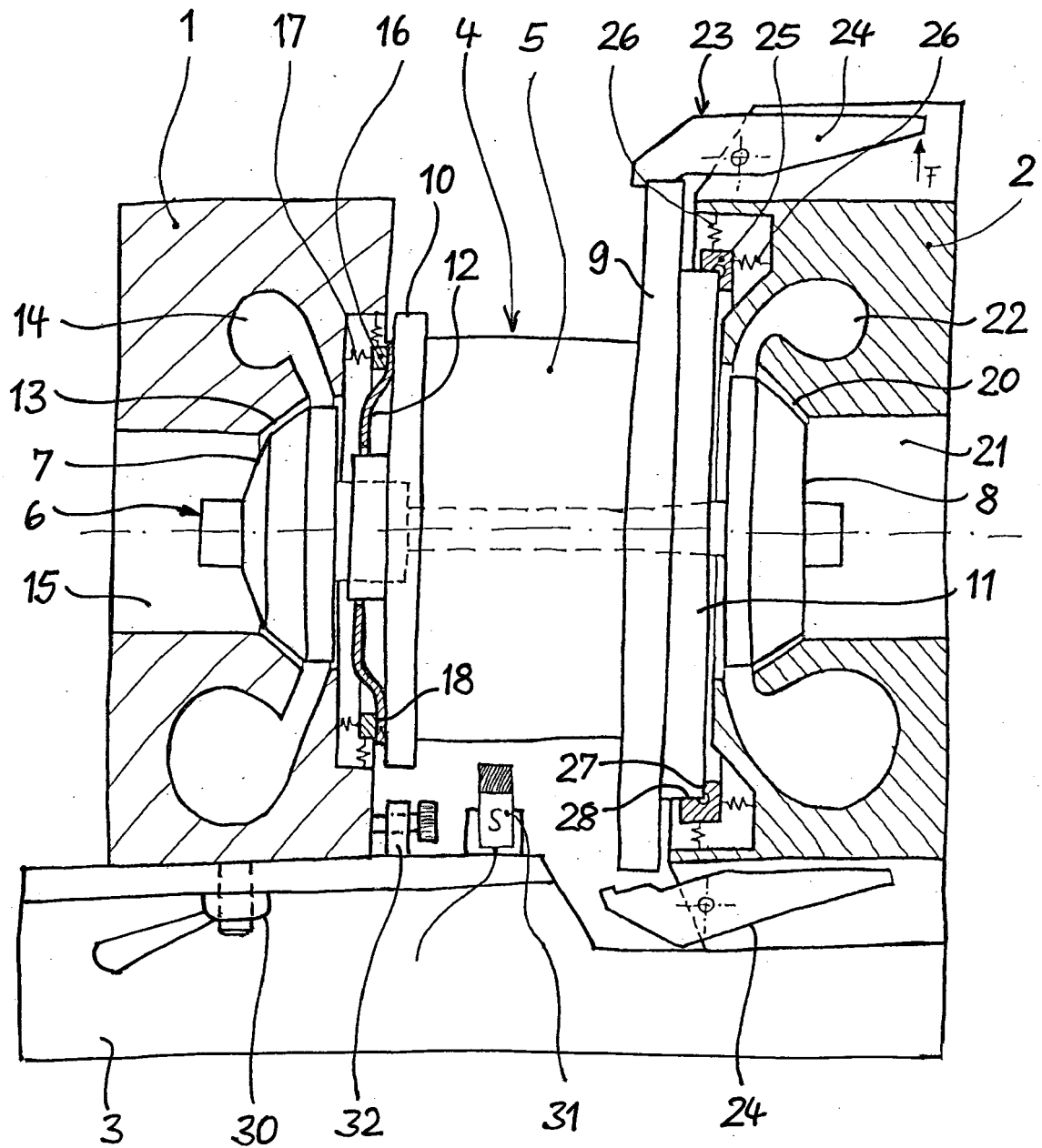
sur le carter central (5) pendant que le rotor (6) tourne à une vitesse de travail sensiblement normale, à déterminer la position de phase des vibrations induites par le balourd par rapport à la position angulaire du rotor (6) pour les vitesses de rotation de mesure pour lesquelles les vibrations induites par le balourd sont mesurées, à utiliser les vibrations induites par le balourd mesurées et la position de phase pour déterminer le balourd à compenser du rotor (6).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les vibrations du carter central (5) sont mesurées sans contact.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'un** vibromètre laser est utilisé pour mesurer les vibrations.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de serrage (23) agencé sur le carter de turbine (1) ou sur le carter de compresseur (2) est utilisé comme dispositif de retenue.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'un** préhenseur de manipulation pouvant être commandé dans une position précise est utilisé comme dispositif de retenue.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le carter central (5) est centré par au moins l'un des premier et deuxième éléments de support (16, 25).
7. Dispositif de mesure dynamique du balourd du rotor (6) d'un noyau de turbocompresseur (4), dans lequel le rotor (6) comprend une roue de turbine (7), une roue de compresseur (8) et un arbre logé dans un carter central (5) du noyau de turbocompresseur (4), comprenant un carter de turbine (1) conçu pour recevoir la roue de turbine (7) et logé sur un socle de machine (3), lequel carter peut être relié à une source d'air comprimé pour accélérer le rotor (6) par entraînement de la roue de turbine (7) au moyen d'air comprimé, et comporte un premier élément de support (16) qui est logé mobile dans au moins deux directions spatiales au moyen de ressorts (17) et contre lequel le côté turbine du carter central (5) peut s'appuyer dans l'écartement du carter de turbine (1) permettant des mouvements du carter central (5) et de la roue de turbine (7) dans les au moins deux directions spatiales, et comprenant un capteur de vibrations (31) destiné à mesurer la vibration du carter central (5), **caractérisé par** un carter de compresseur (2) logé sur le socle de machine (3) et conçu pour recevoir la roue de compresseur (8), lequel car-

ter de compresseur comprend un deuxième élément de support (25) logé de manière à pouvoir se déplacer dans au moins deux directions spatiales au moyen de ressorts (26) et sur lequel le côté compresseur du carter central (5) peut s'appuyer dans un écartement du carter de compresseur (2) permettant des mouvements du carter central (5) et de la roue de compresseur (8) dans les au moins deux directions spatiales, et **caractérisé par** un dispositif de retenue libérable, qui agit sur le carter central (5) et par l'intermédiaire duquel le noyau de turbocompresseur (4) peut être maintenu entre le carter de turbine (1) et le carter de compresseur (2), le carter de turbine (1) et le carter de compresseur (2) pouvant être déplacés l'un par rapport à l'autre dans la direction axiale sur le socle de machine (3) de telle sorte que le carter central (5), à la suite d'une modification de l'écartement entre le carter de turbine (1) et le carter de compresseur (2), peut être monté entre le premier et le deuxième élément de support (16, 25).

carter de compresseur (2) peuvent être déplacés dans la direction axiale par un actionneur.

8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le premier et/ou le deuxième élément de support (16, 25) sont une bague de roulement qui enserre une surface de centrage du carter central (5).
9. Dispositif selon l'une des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'un** joint flexible est fixé au carter de turbine (1), lequel joint peut être relié de façon étanche au carter central (5).
10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce qu'un** capteur de vibrations (31) effectuant une mesure sans contact est associé au carter central (5).
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le capteur de vibrations (31) est un vibromètre à laser.
12. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** le dispositif de retenue est un dispositif de serrage (23) agencé sur le carter de turbine (1) ou le carter de compresseur (2).
13. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** le dispositif de retenue est un préhenseur de manipulation pouvant être commandé dans une position précise.
14. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 13, **caractérisé en ce qu'une** butée réglable (32) destinée à limiter le rapprochement axial entre le carter de turbine (1) et le carter de compresseur (2) est agencée sur le socle de machine (3).
15. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 14, **caractérisé en ce que** le carter de turbine (1) et/ou le



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0426676 B1 [0003]
- DE 102005053786 A1 [0004]
- EP 0922950 B1 [0005]