

(19)



(11)

EP 2 581 553 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
17.04.2013 Patentblatt 2013/16

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

(21) Anmeldenummer: **11184723.2**

(22) Anmeldetag: **11.10.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Schenck RoTec GmbH**
64293 Darmstadt (DE)

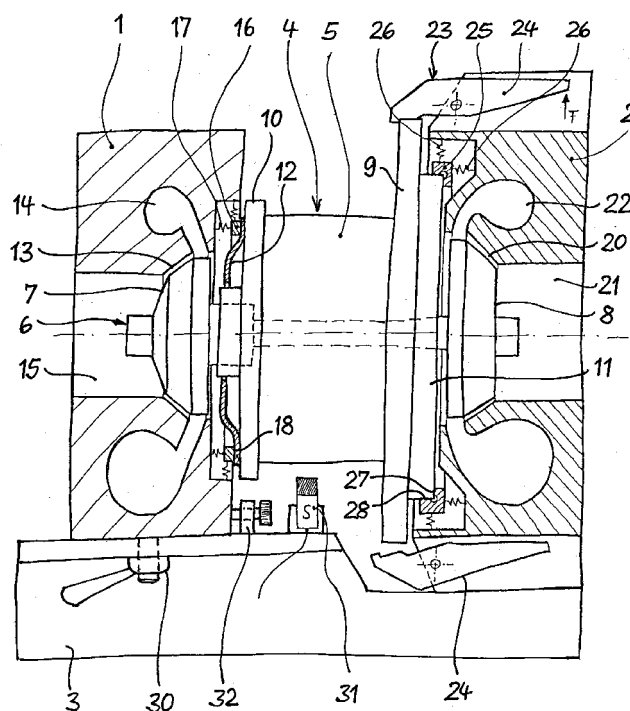
(72) Erfinder:
 • **Breitwieser, Matthias**
64823 Groß-Umstadt (DE)
 • **Grosseheweg, Jochen**
55122 Mainz (DE)

(74) Vertreter: **Haar, Lucas Heinz Jörn et al**
Lessingstrasse 3
61231 Bad Nauheim (DE)

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

(57) Eine Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors (6) einer Turbolader-Rumpfguppe (4), bei welcher der Rotor (6) ein Turbinenrad (7), ein Verdichterrad (8) und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse (5) der Turbolader-Rumpfguppe (4) gelagert ist, umfasst ein zur Aufnahme des Verdichterrads (7) ausgebildetes Verdichtergehäuse (2) und ein zur Aufnahme des Turbinenrads (7) ausgebildetes Turbinengehäuse (1). Das Verdichtergehäuse (2) ist mittels weicher Federn in wenigstens zwei Raumrichtungen bewegbar

an einem Maschinenbett (3) gelagert und weist eine Spannvorrichtung (23) zum Festspannen des Mittelgehäuses (5) auf. Das Turbinengehäuse (1) ist an der Turbinenseite des Mittelgehäuses (5) in einem Bewegungen des Mittelgehäuses (5) und des Turbinenrads (7) in den wenigstens zwei Raumrichtungen zulassenden Abstand von diesen am Maschinenbett (3) lösbar befestigt und zum Beschleunigen des Rotors (6) durch Antreiben des Turbinenrads (7) mittels Druckluft mit einer Druckluftquelle verbindbar ist.

**EP 2 581 553 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum dynamischen Messen der Unwucht des Rotors einer Turbolader-Rumpfguppe, wobei der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle umfasst, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpfguppe 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-Rumpfguppe, bei welcher der Rotor ein Turbinenrad, ein Verdichterrad und eine Welle aufweist, die in einem Mittelgehäuse der Turbolader-Rumpfguppe 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-Rumpfguppe in dem Zwischenraum und zwischen dem ersten und zweiten Lagerelement der Turbolader-Rumpfguppe mittels einer an dem Mittelgehäuse angreifenden Haltevorrichtung,

Verringern des Abstands zwischen dem Turbinengehäuse und dem Verdichtergehäuse und Einspannen 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 Handhabungsgreifens 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 Raumrichtungen zulassenden Abstand von dem Turbinengehäuse abstützbar ist, 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 an-

geordneter Turbolader-Rumpfguppe.

[0016] Die dargestellte Unwuchtmessvorrichtung umfasst ein Turbinengehäuse 1, ein Verdichtergehäuse 2 und ein Maschinenbett 3. Die Unwuchtmessvorrichtung ist zur Aufnahme einer Turbolader-Rumpfguppe 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-Rumpfguppe 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. 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 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] Zur Erfassung von Schwingungen ist an Maschinenbett 3 ein berührungslos messender Schwingungsaufnehmer 31 angebracht, welcher Schwingungen des Mittelgehäuses 5 der Turbolader-Rumpfguppe 4 erfasst.

[0020] Für das Einsetzen der Turbolader-Rumpfguppe 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-Rumpfguppe 4 in die Unwuchtmessvorrichtung eingesetzt und zunächst an dem Verdichtergehäuse 2 angebracht, indem die Turbolader-Rumpfguppe 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.

[0021] Nach dem Festspannen der Turbolader-Rumpfguppe 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-Rumpfguppe 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.

[0022] Alternativ kann das Einsetzen und Halten der Turbolader-Rumpfguppe 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.

[0023] Zur Messung einer Unwucht des Rotors 6 wird das Turbinenrad 7 mit Druckluft angetrieben und der Ro-

tor 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.

[0024] 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 Verdichtergehäuses (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 Verdichtergehäuse (2) das Verdichterrad (8) und das Turbinengehäuse (1) das Turbinenrad (7) mit einem die Federbewegungen 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 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 Druck-

luftquelle 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, **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 (7) 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-Rumpfguppe (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 Laservibrometer ist.

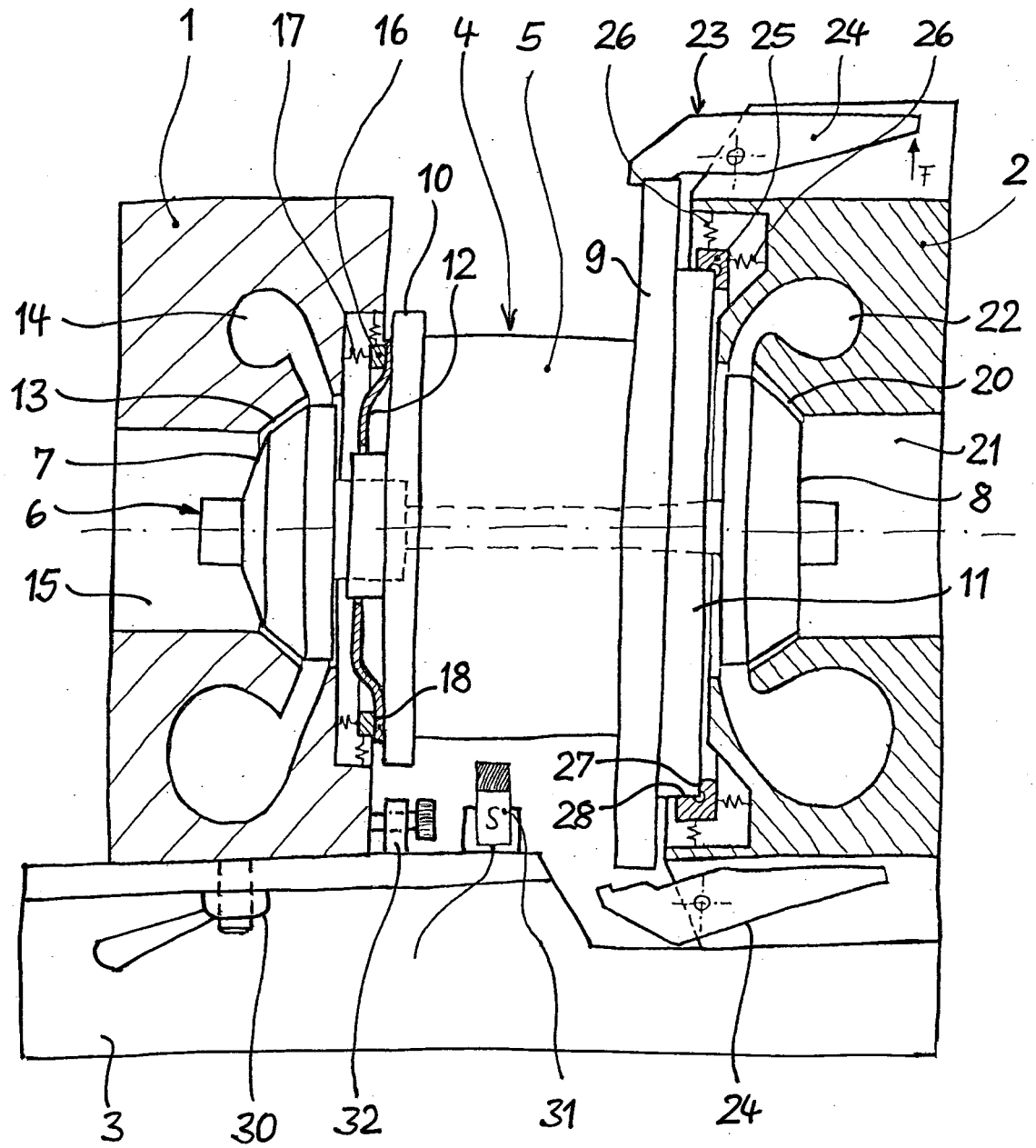
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haltevorrichtung eine an dem Turbinengehäuse (1) oder dem Verdichtergehäuse (2) angeordnete Spannvorrichtung (23) ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haltevorrichtung ein positionsgenau steuerbarer Handhabungsgreif-

fer 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.





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 18 4723

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	EP 0 426 676 B1 (ALLIED SIGNAL INC [US]) 17. März 1993 (1993-03-17) * Spalte 2, Zeile 46 - Spalte 5, Zeile 18; Abbildungen *	1-15	INV. F01D5/02 F01D21/00 G01M1/22
A,D	DE 10 2005 053786 A1 (SCHENCK ROTEC GMBH [DE]) 10. Mai 2007 (2007-05-10) * Absatz [0002] - Absatz [0003]; Anspruch 1; Abbildungen *	1-15	
A,D	EP 0 922 950 B1 (SCHENCK ROTEC GMBH [DE]) 31. Juli 2002 (2002-07-31) * Absatz [0010] - Absatz [0011]; Abbildungen *	1-15	
A	DE 10 2009 008955 A1 (SCHENCK ROTEC GMBH [DE]) 19. August 2010 (2010-08-19) * Absatz [0008] - Absatz [0015]; Abbildungen *	1-15	
A	DE 10 2008 016937 A1 (DAIMLER AG [DE]) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D G01M F02C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. März 2012	Prüfer Teissier, Damien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

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

EP 11 18 4723

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0426676	B1	17-03-1993	BR 8907576 A	02-07-1991
			CA 1318798 C	08-06-1993
			EP 0426676 A1	15-05-1991
			ES 2015752 A6	01-09-1990
			JP H03503315 A	25-07-1991
			MX 165058 B	20-10-1992
			US 4864859 A	12-09-1989
			WO 9001154 A1	08-02-1990

DE 102005053786	A1	10-05-2007	AT 499596 T	15-03-2011
			BR P10617745 A2	02-08-2011
			CN 101305272 A	12-11-2008
			DE 102005053786 A1	10-05-2007
			EP 1946065 A1	23-07-2008
			JP 2007132928 A	31-05-2007
			SI 1946065 T1	30-06-2011
			US 2008289416 A1	27-11-2008
			WO 2007054445 A1	18-05-2007

EP 0922950	B1	31-07-2002	DE 19754321 A1	10-06-1999
			EP 0922950 A2	16-06-1999
			JP 11237297 A	31-08-1999

DE 102009008955	A1	19-08-2010	DE 102009008955 A1	19-08-2010
			JP 2010190212 A	02-09-2010
			WO 2010091973 A1	19-08-2010

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

EPO FORM P0461

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

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]