

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 893 576 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **F01D 5/02**, F01D 5/06

(21) Anmeldenummer: **98810441.0**

(22) Anmeldetag: **14.05.1998**

(54) **Verbindung von rotierenden Bauteilen**

Connection of rotating elements

Connexion d'éléments rotatifs

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB SE

(30) Priorität: **03.07.1997 DE 19728345**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.01.1999 Patentblatt 1999/04

(73) Patentinhaber: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Alkelin, Harry**
61245 Finspong (SE)

- **Fryklund, Mikael**
60219 Norrköping (SE)
- **Nilsson, Roland**
61233 Finspong (SE)
- **Thörnblad, Per**
60237 Norrköping (SE)
- **Wettstein, Hans, Dr.**
5442 Fislisbach (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 028 217 **US-A- 3 713 676**
US-A- 4 247 256 **US-A- 4 836 750**
US-A- 5 503 490

EP 0 893 576 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine kraft- und formschlüssige Verbindung von rotierenden Bauteilen gemäss Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs. Solche Verbindungen finden sich beispielsweise beim Zusammenfügen von Rotorscheiben von thermisch hochbelasteten Gasturbinen.

Stand der Technik

[0002] Der Rotor einer Turbomaschine besteht im allgemeinen aus mehreren Rotorscheiben, welche axial aneinandergereiht und konzentrisch ausgerichtet sind. Diese Rotorscheiben sind durch einen oder mehrere Zuganker miteinander verspannt und bilden so eine kompakte Einheit. Für den Betrieb einer Turbomaschine ist erforderlich, dass die Rotoren eine sehr hohe axiale Steifigkeit und Zentrierung [Rundlauf] aufweisen, das heisst, dass sich in den verschiedenen Betriebszuständen keine instabilen Zustände, Vibrationen oder azentrischer Lauf durch Schwerpunktsverlagerungen ergeben können, dies trotz der unvermeidlichen unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der angewandten unterschiedlichen Materialien. Um solche Versetzungen der Rotorteile gegeneinander zu vermeiden, kann an den Stirnflächen der Rotorscheiben eine Hirth-Verzahnung angeordnet sein. Die Herstellung derselben ist jedoch sehr teuer und erfordert hochgenaue Maschinen. Andere Massnahmen, wie kurze Zapfen etc. konnten in der Praxis eine Versetzung von Rotorteilen gegeneinander und somit unrunder Lauf, welcher zur Zerstörung von Rotor und Stator führen kann, nicht verhindern.

Eine form- und kraftschlüssige Verbindung von aus unterschiedlichen Materialien aufgebauten Rotorteilen, in der die Gefahr eines Versetzens gering ist, aber gleichzeitig eine mechanische Überbeanspruchung durch das unterschiedliche Wärmeausdehnungsverhalten der Bauteile vermieden wird, stellt US 3713676 vor. Zu diesem Zweck werden Endflansche der zu verbindenden Rotorteile mittels Zentriersitz zusammengefügt. Mit Hilfe eines Einsatzkörpers wird der radial innere Zentrierversatz des beteiligten Rotorteils mit dem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten mit einer radialen Kraft beaufschlagt und dabei vorgespannt und vordeformiert. Beim Hochfahren in den Betriebszustand wird das vorgespannte und vordeformierte Rotorteil aufgrund der geringeren Wärmeausdehnung des Einsatzes entspannt. Dies verringert die Gefahr eines Materialbruchs unter Betriebsbedingungen. Die permanente Spannung und Deformation, der das Material unterliegt, führt zu Ermüdungserscheinungen, in deren Folge die Gefahr einer Dejustierung unter Betriebsbedingungen wiederum zunimmt.

Darstellung der Erfindung

[0003] Die Erfindung versucht, diese Nachteile zu vermeiden. Es liegt ihr die Aufgabe zugrunde, eine kraft- und formschlüssige Verbindung von rotierenden Bauteilen zu schaffen, welche so ausgebildet ist oder so nachgerüstet werden kann, dass eine betriebsbedingte Dejustierung [Verdrehung oder Verschiebung] von Bauteilen durch einen erhöhten Widerstand gegen axiale Verschiebungen vermieden wird.

[0004] Bei einer Verbindung der eingangs genannten Art wird dies mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs erreicht.

Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0005] Der Grundgedanke der Erfindung besteht also darin, bei einer kraft- und formschlüssigen Verbindung axial vorgespannter rotierender Bauteile, welche im Bereich der Verbindung während der Rotation ein unterschiedliches Dehnungsverhalten aufweisen, mittels eines gestuften Zentriersitzes, welcher zumindest einen positiven, hervorstehenden Zentrierversatz und einen negativen, eingezogenen Zentrierversatz umfasst sowie einen Einlagering, welcher eine radiale Kraft auf den positiven Zentrierversatz ausübt, das Bauteil mit dem negativen Zentrierversatz und den Einlagering aus einem Werkstoff zu fertigen, welcher einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als der Werkstoff des Bauteiles mit dem positiven Zentrierversatz, in dem der Einlagering untergebracht ist.

Diese Massnahme gewährleistet anlässlich der Rotation ein Anpressen des innenliegenden Bauteils gegen das aussenliegende Bauteil und damit einen erhöhten Widerstand gegen axiale Verschiebungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0006] In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Anwendung bei Gasturbinen vereinfacht dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch Ausschnitte von zwei benachbarten Rotorscheiben in einer ersten Ausführungsform;
- Fig. 2 schematisch Ausschnitte von zwei benachbarten Rotorscheiben in einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 3 den Zentriersitz aus Fig. 1 in vergrösserter Ansicht.

[0007] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt; insbesondere sind nicht der an sich bekannte und unveränderte Teil des Rotors oder andere Rotoreinzelheiten dargestellt. Funktionsgleiche Teile sind bei den verschiedenen Beispielen mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0008] Nachstehend sind die rotierenden Bauteile 1 und 2 als Rotorscheiben 1 respektive 2 bezeichnet. Bei einem Rotor für Turbomaschinen sind die einzelnen Rotorscheiben 1, 2 axial aneinandergereiht und durch wenigstens einen (in den Figuren nicht dargestellten) Zuganker konzentrisch miteinander verspannt. Die durch die Zuganker bedingten Spannkkräfte ergeben eine kraftschlüssige Verbindung der Rotorscheiben. Es kann jedoch Betriebszustände geben, in welchen diese von den Spannkkräften herrührenden Reibkräfte nicht ausreichen, um eine Dejustierung der Rotorscheiben gegeneinander zu verhindern. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn die Rotorscheiben während der Rotation unterschiedliches Dehnungsverhalten aufweisen, unter anderem, weil sie aus verschiedenen Materialien bestehen.

[0009] Deshalb ist gemäss Fig. 1 bei einer ersten Ausführungsform eines Rotors zusätzlich zur kraftschlüssigen Verbindung der benachbarten Rotorscheiben eine radial wirksame form- und kraftschlüssige Verbindung als Sperre gegen radiale Achsversetzungen vorgesehen. Diese form- und kraftschlüssige Verbindung ist als Zentriersitz 3 ausgebildet, welcher zwischen je zwei aneinanderliegenden Rotorscheiben vorgesehen und durch einen Einlagering 7 vorgespannt ist. Dabei weist der Zentriersitz auf den beiden benachbarten Rotorscheiben die Form einer umlaufenden, konzentrischen Stufe auf mit einem positiven, hervorstehenden Zentrierversatz 4 am Rotorteil 1 und einem negativen, eingezogenen Zentrierversatz 5 am Rotorteil 2.

[0010] Der Einlagering 7 ist an der relativ zum Zentriersitz innenliegenden Rotorscheibe 1 angeordnet, und zwar in einem Hohlraum 6. Er ist vorgespannt, was anlässlich der Montage durch thermisches Schrumpfen erfolgen kann. Anlässlich der Rotation presst er infolge der massenbedingten Fliehkraft die relativ zum Zentriersitz 3 innenliegende Rotorscheibe 1 gegen die aussenliegende Rotorscheibe 2 und bewirkt damit eine form- und kraftschlüssige Verbindung. Die positiven und negativen Zentrierversätze 4, 5 dieses Zentriersitzes weisen im wesentlichen eine zylindrische Kontaktfläche 8 auf, welche konzentrisch zur Rotorachse liegt. Selbstverständlich ist auch eine leicht konische Ausrichtung der Kontaktfläche 8 möglich. Der Zentriersitz verhindert eine radiale Verschiebung und durch die Anpresskraft wird zudem ein erhöhter Widerstand gegen axiale Verschiebungen der Rotorscheiben gegeneinander erzielt. Solche Verschiebungen können durch die Wärmedehnungen und die Wärmespannungen bei den hohen Betriebstemperaturen der Gasturbinen verursacht werden.

[0011] Der Zentriersitz 3 ist gemäss Fig. 3 sowohl vor als auch hinter der Kontaktfläche 8 mit konkaven Freistichen 10 versehen. Deren der Kontaktfläche zugewandten Ausrundungen enden innerhalb der Kontaktfläche. Mit dieser Massnahme kann der materialinterne

mechanische Spannungsverlauf so geändert werden, dass die Zonen der grössten mechanischen Belastung, d.h. des grössten Spannungsgradienten aus dem Bereich der Kontaktfläche 8 verlagert werden. Gleichzeitig werden diejenigen Zonen der Rotorteile 1 oder 2, in denen unter bestimmten Betriebsbedingungen rissöffnende und damit risswachstumsfördernde oberflächenparallele Zugspannungen auftreten können, dem Berührungsbereich des jeweils andern Rotorteils 1 oder 2 entzogen, damit dort keine Fretting-Risse entstehen können. Desweiteren wird durch die Überdeckung der Vorderkante des Freistiches des jeweils anderen Rotorteils durch eine die zu erwartenden Relativbewegungen und Einbautoleranzen übersteigende Verlängerung der Kontaktflächen beider Rotorteile erreicht, dass unter den erwähnten bestimmten Betriebsbedingungen im Berührungsbereich nur noch riss-schliessende und damit risswachstums-verhindernde oberflächenparallele Druckspannungen entstehen. In einer weiteren Ausführungsform kann die gegenseitige Zentrierung der Rotorscheiben über zwei konische Sitze erfolgen. Sinnvoll ist dann eine doppelkonische Ausbildung des Zentriersitzes 3 mit einer entsprechenden doppelkonisch verlaufenden Kontaktfläche 9. Die Toleranzen werden dabei so gewählt, dass während des Betriebes jeweils eine dieser konischen Flächen voll belastet ist, während die Versätze der anderen konischen Fläche nur teilweise in Kontakt sind.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Einlagering 7 nicht vollflächig, sondern nur mit einem Teil seiner äusseren Oberfläche an der Rotorscheibe 1 anliegt. Dies kann dadurch erzielt werden, indem der Ring mit einem Bund 11 versehen wird. Der Bund ist in seinem Durchmesser und seiner axialen Erstreckung so bemessen, dass er beidseitig vom Bund einen kleinen Spalt 12 zwischen Ring 7 und Rotorscheibe 1 generiert. Die nunmehr kleinere Angriffsfläche bewirkt eine günstige, reduzierte Wärmeübertragung von der Rotorscheibe auf den Einlagering.

[0013] Wird davon ausgegangen, dass die Rotorscheibe 1 - in deren Hohlraum 6 der Einlagering 7 untergebracht ist - aus einem ferritischem Stahl mit niedrigerem Ausdehnungskoeffizienten besteht und die Rotorscheibe 2 aus einem austenitischen Stahl mit höheren Ausdehnungskoeffizienten, so wird als Werkstoff für den Einlagering 7 vorzugsweise ebenfalls ein Werkstoff mit höheren Ausdehnungskoeffizienten gewählt. Im Falle von thermisch hochbelasteten Gasturbinen sind diese Materialkombinationen für die Rotorscheiben 1 und 2 durchaus üblich.

Bezugszeichenliste

[0014]

- 1 rotierendes Bauteil, Rotorscheibe
- 2 rotierendes Bauteil, Rotorscheibe
- 3 Zentriersitz

- 4 positiver Zentrierversatz
- 5 negativer Zentrierversatz
- 6 Hohlraum von 1
- 7 Einlagering
- 8 zylindrische Kontaktfläche
- 9 doppelkonische Kontaktfläche
- 10 Freistich
- 11 Bund auf 7
- 12 Spalt

Patentansprüche

1. Kraft- und formschlüssige Verbindung axial vorge-
spannter, rotierender Bauteile (1;2), welche im Be-
reich der Verbindung während der Rotation unter-
schiedliches Dehnungsverhalten aufweisen, mit-
tels eines gestuften Zentriersitzes (3), welcher zu-
mindest einen positiven, hervorstehenden Zentrier-
versatz (4) und einen negativen, eingezogenen
Zentrierversatz (5) umfasst sowie einen Einlagering
(7), welcher eine radiale Kraft auf den positiven
Zentrierversatz (4) ausübt, **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Bauteil (2) mit dem negativen Zentrier-
versatz (5) und der Einlagering (7) aus einem
Werkstoff bestehen, welcher einen höheren Wär-
meausdehnungskoeffizienten aufweist als der
Werkstoff des Bauteiles (1) mit dem positiven Zen-
trierversatz (4), in dem der Einlagering (7) unterge-
bracht ist.
2. Verbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der Einlagering (7) mit einem Bund
(11) an dem mit ihm zusammenwirkenden Bauteil
(1) anliegt.
3. Verbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der Einlagering (7) vorgespannt ist.
4. Verbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der Zentrierversatz (4, 5) des Zen-
triersitzes (3) zumindest annähernd zylindrisch
oder leicht konisch ausgebildet ist.
5. Verbindung nach Anspruch 4, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der Zentriersitz (3) sowohl vor als
auch hinter der Kontaktfläche (8) mit konkaven Frei-
stichen (10) versehen ist, deren der Kontaktfläche
zugewandte Ausrundungen innerhalb der Kontakt-
fläche enden.
6. Verbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** der Zentriersitz (3) eine doppelko-
nische Kontaktfläche (9) aufweist.

Claims

1. Friction and form-grip connection of axially pre-
stressed, rotating components (1; 2), which have
different expansion behaviour in the region of the
connection during rotation, by means of a stepped
centring seat (3) which comprises at least one pos-
itive, projecting centring offset (4) and at least one
negative, indented centring offset (5) and also an
insert ring (7) which exerts a radial force on the pos-
itive centring offset (4), **characterized in that** the
component (2) having the negative centring offset
(5) and the insert ring (7) are made of a material
which has a higher coefficient of thermal expansion
than the material of the component (1) having the
positive centring offset (4), in which the insert ring
(7) is accommodated.
2. Connection according to Claim 1, **characterized in
that** the insert ring (7) bears with a collar (11)
against the component (1) interacting with it.
3. Connection according to Claim 1, **characterized in
that** the insert ring (7) is prestressed.
4. Connection according to Claim 1, **characterized in
that** the centring offset (4, 5) of the centring seat (3)
is designed to be at least approximately cylindrical
or slightly conical.
5. Connection according to Claim 4, **characterized in
that** the centring seat (3), both in front of and behind
the contact surface (8), is provided with concave un-
dercuts (10), whose rounded portions facing the
contact surface end inside the contact surface.
6. Connection according to Claim 1, **characterized in
that** the centring seat (3) has a double-conical con-
tact surface (9).

Revendications

1. Connexion par adhérence et par engagement posi-
tif de composants rotatifs précontraints axialement
(1 ; 2) qui présentent pendant la rotation, dans la
région de la connexion, un comportement de dila-
tation différent, au moyen d'un siège de centrage
étagé (3) qui comprend au moins un déport de cen-
trage (4) positif saillant et un déport de centrage
(5) négatif en retrait ainsi qu'un anneau d'insertion
(7) qui exerce une force radiale sur le déport de cen-
trage positif (4), **caractérisée en ce que** le compo-
sant (2) avec le déport de centrage négatif (5) et
l'anneau d'insertion (7) se composent d'un matériau
qui présente un coefficient de dilatation thermique
plus élevé que le matériau du composant (1) avec
le déport de centrage positif (4), dans lequel l'an-

neau d'insertion (7) est placé.

2. Connexion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'anneau d'insertion (7) s'applique avec un épaulement (11) contre le composant (1) coopérant avec lui. 5
3. Connexion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'anneau d'insertion (7) est précontraint. 10
4. Connexion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le déport de centrage (4, 5) du siège de centrage (3) est réalisé avec une forme au moins approximativement cylindrique ou légèrement conique. 15
5. Connexion selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** le siège de centrage (3) est pourvu, devant et derrière la surface de contact (8), de dégagements par rainures concaves (10), dont les arrondis tournés vers la surface de contact se terminent à l'intérieur de la surface de contact. 20
6. Connexion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le siège de centrage (3) présente une surface de contact (9) à double conicité. 25

30

35

40

45

50

55

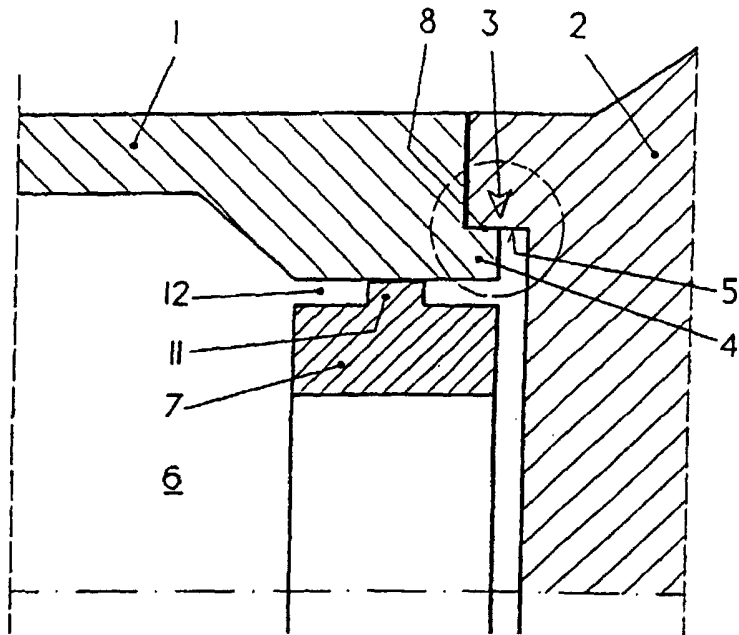


FIG. 1

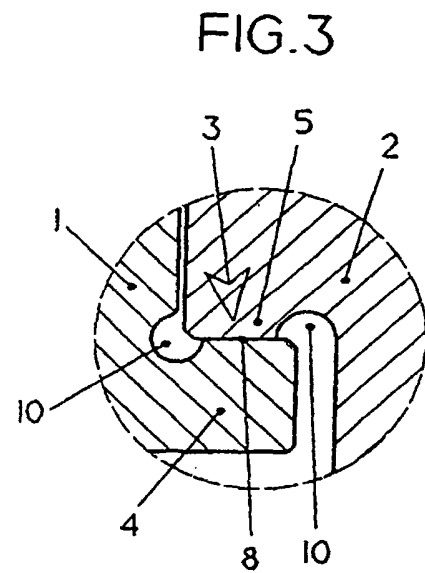


FIG. 3

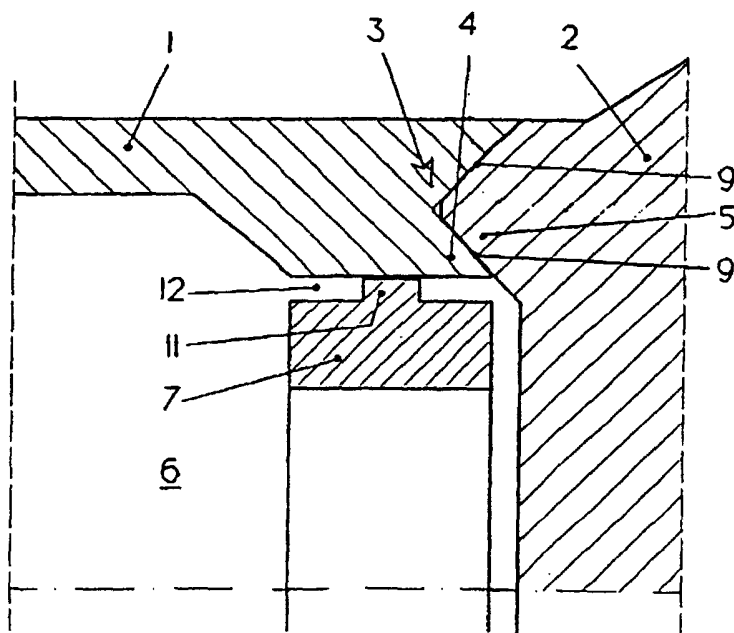


FIG. 2