

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 727 564 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
04.11.1998 Patentblatt 1998/45

(51) Int Cl.⁶: **F01D 5/26**

(21) Anmeldenummer: **96810059.4**

(22) Anmeldetag: **29.01.1996**

(54) **Schwingungsdämpfung für Turbinenschaufeln**

Vibration damping for turbine blades

Amortissement de vibrations pour aubes de turbines

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI PT SE

(30) Priorität: **17.02.1995 DE 19505389**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.08.1996 Patentblatt 1996/34

(73) Patentinhaber: **ABB RESEARCH LTD.**
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• **Ernst, Peter, Dr.**
CH-8172 Niederglatt (CH)
• **Rhyner, Jakob, Dr.**
CH-8006 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 214 393 **GB-A- 689 901**
US-A- 2 853 638 **US-A- 5 490 759**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 295 (M-523), 7. Oktober 1986 & JP-A-61 108802 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 27. Mai 1986,**

EP 0 727 564 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

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen einer axial durchströmten Turbomaschine, bei welcher die Enden der rotierenden Schaufeln gegen die strömungsbegrenzende Wand eines Turbinengehäuses dichten.

STAND DER TECHNIK

Bei Turbomaschinen sind die rotierenden Schaufeln für ein bestimmtes Feld der Betriebsbedingungen resonanzfrei ausgelegt. Durch variierende Betriebsbedingungen, z.B. Volumenstromänderungen des strömenden Arbeitsmittels oder Gegendruckbetrieb im Grenzbereich, werden die Schaufeln stochastisch zu Schwingungen angeregt. Im Fall von Schwingungsresonanz führen diese mechanischen Beanspruchungen zum Versagen der Schaufeln.

Zur Dämpfung dieser Schwingungen sind verschiedene Einrichtungen entwickelt worden, die die Schaufeln aneinander koppeln und damit schwingungsdämpfend wirken. Bekannte Konzepte sind beispielsweise Dämpferdrähte, Dämpferbolzen, Schaufeldeckplatten, sowie angeschmiedete Nocken mit Stiften.

Derartige Einrichtungen für die Dämpfung von Schaufelschwingungen sind bekannt aus DE B 1 299 004 und US 3 185 441. Dabei sind die Einsatzbereiche der vorgeschlagenen Dämpfungsmittel beschränkt. Bohrungen für die Aufnahme von Dämpferdrähten oder Dämpferbolzen beeinträchtigen die Festigkeit der Schaufelprofile, und die Dämpferdrähte und -bolzen selbst verschlechtern die Strömungseigenschaften des strömenden Arbeitsmittels.

Hohe Fliehkräfte treten nachteilig ins Gewicht bei der Dämpfung mittels Schaufeldeckplatten, die benachbarte Schaufelköpfe zu einem geschlossenen Ring aneinanderkoppeln und durch Reibschluss dämpfend wirken. Die Ausführung und Bearbeitung dieser Schaufeldeckplatten, sowie die Schaufelmontage mit diesen Deckplatten ist wegen der geforderten Massgenauigkeit aufwendig und teuer.

Hinzu kommt, dass bei den Dämpfungseinrichtungen, die auf Reibschluss benachbarter Schaufeln basieren, durch eine Abnutzung der Kontaktflächen, die geforderte Dämpfung beeinträchtigt wird und somit Revisionen nötig sind.

Außerdem ist aus dem Stand der Technik z.Bsp. das Dokument US-A-5 490 759 bekannt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Schwingungsdämpfung für Turbinenschaufeln der eingangs genannten Art darzustellen, bei der jede Schaufel individuell und reibungslos gedämpft

wird.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass auf der strömungsbegrenzenden Wand des Turbinengehäuses in radialer Richtung gegenüber den Schaufelenden ein Ring aus permanentmagnetischem Material angebracht ist, der aus mindestens einem oder mehreren Teilringen gleicher oder unterschiedlicher magnetischer Polarisierung besteht, und dass die Schaufelenden mit je einer Deckplatte versehen sind, welche aus einem elektrisch gut leitenden Material besteht.

Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass die Schaufeln nicht gekoppelt sind an Kontaktflächen von aneinander reibenden Dämpfungseinrichtungen wie Deckplatten, Dämpferdrähte oder -bolzen. Bei der vorgeschlagenen Dämpfungseinrichtung werden die Schaufeln reibungs- und damit verschleissfrei individuell gedämpft.

Vorteilhaft ist ferner, dass bei axialem Einbau in ein Turbinenrad die Montage einzelner Schaufeln vereinfacht ist, da keine tangentialen Dämpfungsstrukturen benachbarter Schaufeln einander überlappen.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Schaufeldeckplatten aus Aluminium gefertigt werden, da sich bei dieser Materialwahl gute elektrische Eigenschaften mit geringem spezifischen Gewicht verbinden. Auch Fliehkräfte in der Grössenordnung, wie sie bei bekannten Deckplattendämpfungen vorkommen, treten wegen den wesentlich kleineren und damit leichteren Deckplattenkonstruktion der Erfindung reduziert auf. Dies bedeutet für die Turbinenschaufel eine verminderte mechanische Beanspruchung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung vereinfacht dargestellt.

Es zeigen:

Fig.1 einen Teillängsschnitt einer Schaufelspitze mit einem radial gegenüberliegenden Magnetring;

Fig.2 einen Schnitt nach Linie II-II gemäss Fig.1.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

Nicht dargestellt in der Zeichnung ist ein Turbinenschaufelfuss und eine Montageansicht der Schaufel in einem Turbinenrad.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig.1 ist von einem Turbinengehäuse 1 ein Ausschnitt gezeigt, der einem Schaufelende 8 einer Turbinenlaufschaukel 2 radial gegenüberliegt. Wie aus dem Überschallschaufelprofil in Fig.2 erkennbar, handelt es sich bei der dargestellten Schaufel um eine Endschaukel, beispielsweise einer ND-Dampfturbine. In Umfangsrichtung ist an bezeichneter Stelle des Turbinengehäu-

ses 1 um ein nicht dargestelltes, beschauftes Turbinenrad ein Ring 4 aus permanentmagnetischem Material angebracht. Dieser Magnetring 4 besteht aus Teilringen 6, die in einem Gehäuse 5 aus austenitischem Stahl zusammengefasst sind und mit diesem im Turbinengehäuse 1 befestigt sind. Dabei ist der Magnetring 4 in drei Teilringe 6 mit einander abwechselnder magnetischer Polarisation 7a,b,c unterteilt, wobei das Polarisationschema SNS vorliegt.

Die dem Magnetring 4 radial gegenüberliegende Turbinenschaufel 2 hat an deren Schaufelende 8, wie Fig. 2 zeigt, eine Deckplatte 3. Diese Deckplatte 3 weist bei radialer Draufsicht annähernd die Form eines Rhombus auf, dessen spitzwinklige Ecken parallel zur Rotationsrichtung 9 der Turbinenschaufeln 2 abgeflacht sind. Die Schaufeln 2 sind freistehend, d.h., die Deckplatten 3 benachbarter Schaufeln 2 sind so bemessen, dass sie tangential nicht überlappend sind und einander nicht berühren.

Bei Rotation des nicht dargestellten Turbinenrades in Rotationsrichtung 9 bleibt das magnetische Feld 10 des Permanentmagnetringes 4 für die Schaufeldeckplatte 3 solange konstant, wie die Schaufel 2 keine Schwingbewegung ausübt. Schwingt jedoch die Turbinenschaufel 2, so ist der magnetische Fluss in der Schaufeldeckplatte 3 zeitlich veränderlich. Dieser zeitlich veränderlicher Magnetfluss induziert in der Schaufeldeckplatte 3 Wirbelströme, die zur Produktion von Joule'scher Wärme führen. Diese Energiedissipation hat eine Dämpfung der Schaufelschwingung zur Folge. Die Joule'sche Wärme und damit der Dämpfungseffekt wächst mit der elektrischen Leitfähigkeit des Deckplattenmaterials.

Eine bevorzugte Legierung für den Permanentmagnetring 4 ist Cobalt-Samarium (Co-Sm).

Wegen seiner guten elektrischen Eigenschaften und dem für Metalle geringen spezifischen Gewicht ist es von Vorteil, die Schaufeldeckplatte 3 aus Aluminium zu fertigen.

Das geringe spezifische Gewicht ermöglicht eine leichte Ausführung der Deckplatte 3 der fliehkraftbelasteten Schaufeln 2. Die gute elektrische Leitfähigkeit des Aluminiums begünstigt die Wirbelströme und damit, wie oben erwähnt, das Dämpfungsverhalten.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So ist die Anzahl der am Magnetring 4 beteiligten Teilringe 6 und deren magnetische Polarisation 7a,b,c auch in anderer Konfiguration denkbar, wobei auch ein anderer Magnetwerkstoff dem Co-Sm vorgezogen werden könnte.

Weiterhin sind die Teilringe 6 auch als elektrisch gespeiste Ringkernspulen ausführbar.

Im Sinne der Erfindung ist die Ausführung der Schaufeldeckplatte 3 auch aus einem anderen Material als Aluminium denkbar. Unter Inkaufnahme des höheren spezifischen Gewichts von ferromagnetischen Metallen und ihren Legierungen, eignen sich diese Materialien

ebenfalls ausserordentlich gut für die Fertigung der Deckplatten. Herausragend sind hier ihre magnetischen Eigenschaften, welche eine erhebliche Verkleinerung des magnetischen Luftspalts zwischen einer Deckplatte und der strömungsbegrenzenden Wand bedeutet. Die dissipierte Schwingungsenergie kann somit durch eine Begünstigung des magnetischen Flusses in der Deckplatte erhöht werden. Selbstverständlich kann die Erfindung auch bei deckbandgebundenen Schaufelrädern zusätzlich dämpfend eingesetzt werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Turbinengehäuse
2	Schaufel
3	Schaufeldeckplatte
4	Ring aus permanentmagnetischem Material
5	austenitisches Stahlgehäuse
6	permanentmagnetischer Teilring
7a,c	magnetische Polarisation S eines Teilrings
7b	magnetische Polarisation N eines Teilrings
8	Schaufelende
9	Rotationsrichtung der Turbinenschaufeln in radialer Draufsicht
10	Magnetfeldlinien des Permanentmagnetringes

Patentansprüche

- Einrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen einer axial durchströmten Turbomaschine, bei welcher die Enden (8) der rotierenden Schaufeln (2) gegen die strömungsbegrenzende Wand eines Turbinengehäuses (1) dichten, dadurch gekennzeichnet,
 - dass auf der strömungsbegrenzenden Wand des Turbinengehäuses (1) in radialer Richtung gegenüber den Schaufelenden (8) ein Ring (4) aus permanentmagnetischem Material angebracht ist, der aus mindestens einem oder mehreren Teilringen (6) gleicher oder unterschiedlicher magnetischer Polarisation (7a,b) besteht, und
 - dass die Schaufelenden (8) mit je einer Deckplatte (3) versehen sind, welche aus einem elektrisch gut leitenden Material besteht.
- Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - dass der Permanentmagnetring (4) aus drei Teilringen (6) besteht mit dem Polarisationschema NSN oder SNS, und
 - dass dieser Permanentmagnetring (4) von einem nichtmagnetischen Gehäuse (5) umgeben ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Deckplatten (3) der Schaufeln (2) einander nicht berühren.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatten (3) der Schaufeln (2) aus Aluminium gefertigt sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatten (3) der Schaufeln (2) aus einem ferromagnetischen Material gefertigt sind.
6. Verwendung der Einrichtung nach Anspruch 1 bei Turbomaschinen mit freistehenden Schaufeln (2).

Claims

1. Device for damping blade vibrations of an axial-flow turbomachine, in which the ends (8) of the rotating blades (2) form a seal towards the flow-limiting wall of a turbine casing (1), characterized in that a ring (4) of permanently magnetic material is attached to the flow-limiting wall of the turbine casing (1) in the radial direction opposite the blade ends (8), which ring (4) consists of at least one or more sectional rings (6) of the same or different magnetic polarization (7a, b), and in that the blade ends (8) are each provided with a cover plate (3) which is made of a material which is a good electrical conductor.
2. Device according to Claim 1, characterized in that the permanent-magnet ring (4) consists of three sectional rings (6) having the polarization scheme NSN or SNS, and in that this permanent-magnet ring (4) is surrounded by a nonmagnetic housing (5).
3. Device according to Claim 1, characterized in that adjacent cover plates (3) of the blades (2) do not touch one another.
4. Device according to Claim 1, characterized in that the cover plates (3) of the blades (2) are produced from aluminium.
5. Device according to Claim 1, characterized in that the cover plates (3) of the blades (2) are produced from a ferromagnetic material.
6. Use of the device according to Claim 1 in turbomachines having free-standing blades (2).

Revendications

1. Dispositif pour l'amortissement des vibrations des aubes d'une turbomachine à écoulement axial, dans lequel les extrémités (8) des aubes tournantes (2) s'appliquent de façon étanche contre la paroi de limitation de l'écoulement d'un corps de turbine (1), caractérisé en ce que
- sur la paroi de limitation de l'écoulement du corps de turbine (1), en face des extrémités (8) des aubes en direction radiale, est appliqué un anneau (4) en une matière magnétique permanente, qui se compose d'au moins un ou de plusieurs anneaux partiels (6) avec une polarisation magnétique identique ou différente (7a, b), et en ce que
 - les extrémités (8) des aubes sont chacune pourvues d'une bande de couverture (3), qui se compose d'une matière bonne conductrice de l'électricité.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que
- l'anneau magnétique permanent (4) se compose de trois anneaux partiels (6) avec le schéma de polarisation NSN ou SNS, et en ce que
 - cet anneau magnétique permanent (4) est entouré par un boîtier (5) non magnétique.
3. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que des bandes de couverture voisines (3) des aubes (2) ne se touchent pas l'une l'autre.
4. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les bandes de couverture (3) des aubes (2) sont fabriquées en aluminium.
5. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les bandes de couverture (3) des aubes (2) sont fabriquées en une matière ferromagnétique.
6. Utilisation du dispositif suivant la revendication 1 dans des turbomachines avec des aubes librement dressées (2).

