



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 666 722 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 01 D 5/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 2892/85

⑫② Anmeldungsdatum: 05.07.1985

⑫④ Patent erteilt: 15.08.1988

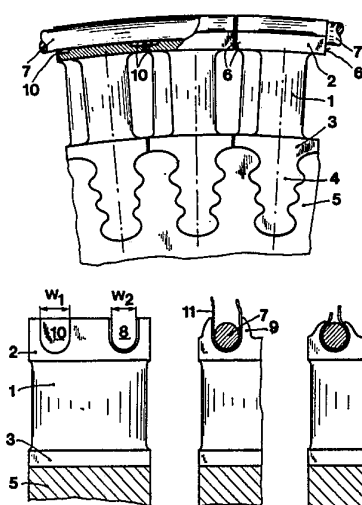
⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.08.1988

⑫③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

⑫⑦ Erfinder:
Gloor, Kurt, Meyriez

⑫⑤ Laufschaufelkranz einer axial durchströmten Turbomaschine.

⑫⑦ Beim Laufschaufelkranz einer axial durchströmten Turbomaschine sind die Laufschaufeln (1) an ihrem radial äusseren Ende mit je einer Deckplatte (2) versehen und an ihrem radial inneren Ende mit einem Fuss (4) in einer entsprechenden Nut des Maschinenrotors (5) befestigt. Die Deckplatten sind in Umfangsrichtung untereinander mittels in Eindrückungen (8) eingewalzten Drähten verbunden. In die Stirnseiten (6) der Deckplatten (2) sind Nuten (10) eingearbeitet mit einer lichten Weite (w_1), die grösser bemessen ist als die Breite (w_2) der für den einzuwalzenden Draht (7) vorgesehenen Deckplatteneindrückung (8). In die Nuten ist anlässlich des Walzvorganges ein Draht (7) zumindest im Bereich der Walzstellen umgebendes, nach dem Walzen entfernbare Distanzmittel (11) eingelegt. Dieses Material ist vorzugsweise ein Hartpapier, welches während des Maschinenbetriebes zu Asche verglüht.



PATENTANSPRÜCHE

1. Laufschaufelkranz einer axial durchströmten Turbomaschine, dessen Laufschaufeln an ihrem radial äusseren Ende mit je einer Deckplatte versehen sind und an ihrem radial inneren Ende mit einem Fuss in einer entsprechenden Nut des Maschinenrotors befestigt sind und bei dem die Deckplatten in Umfangsrichtung untereinander mittels in Eindrehungen eingewalzten Drähten verbunden sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass in die Stirnseiten (6) der Deckplatten (2) Nuten (10) eingearbeitet sind mit einer lichten Weite (w_1), die grösser bemessen ist als die Breite (w_2) der für den einzuwalzenden Draht (7) vorgesehenen Deckplatteneindrehung (8), wobei in die Nuten anlässlich des Walzvorganges ein den Draht zumindest im Bereich der Walzstellen umgebendes, nach dem Walzen entfernbares Distanzmittel (11) eingelegt ist.

2. Laufschaufelkranz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das entfernbares Distanzmittel (11) ein streifenförmiges, biegsames Material ist, mit einer Breite, die etwa der zweifachen Nutenstreckung in Umfangsrichtung entspricht und mit welchem der je zwei benachbarte Deckbänder verbindende Draht in den sich gegenüberliegenden Nuten unterlegt ist.

3. Laufschaufelkranz nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Material ein Hartpapier ist, welches während des Maschinenbetriebes zu Asche verglöhrt.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft den Laufschaufelkranz einer axial durchströmten Turbomaschine, dessen Laufschaufeln an ihrem radial äusseren Ende mit je einer Deckplatte versehen sind und an ihrem radial inneren Ende mit einem Fuss in einer entsprechenden Nut des Maschinenrotors befestigt sind und bei dem die Deckplatten in Umfangsrichtung untereinander mittels in Eindrehungen eingewalzten Drähten verbunden sind.

Im Betrieb führt die einzelne Laufschaufel einer Turbomaschine Eigenschwingungen aus, die von der Vibrationsart abhängen, der sie ausgesetzt ist; Tangentialbiegung, Axialbiegung oder Torsion. Wenn mehrere Schaufeln durch eine Bandagierung beispielsweise zu einem Paket zusammengefasst werden, wird das Verhalten der Schaufeln noch komplexer, da jedem Schwingungsfall so viele Eigenfrequenzen zuzuordnen sind, wie Schaufeln in einem Paket vorhanden sind. Aufgrund der grossen Anzahl von Eigenfrequenzen ist es sehr schwierig, Resonanzerscheinungen mit periodischen Erregungskräften zu vermeiden.

Dagegen führt die durchgehende Bindung aller Laufschaufeln eines Rades zu einem vollkommen anderen Verhalten. Da nur gekoppelte Schwingungen von allen Schaufeln möglich sind, müssen die Erregungskräfte über die gesamte Peripherie des Rades mit der Schwingungsart in Phase liegen, damit überhaupt eine Energieübertragung auf die Schaufeln erfolgt. Diese Art der Schaufelbindung ist besonders interessant für die Regelstufe einer Turbine, deren rotierende Laufschaufeln durch periodische Kräfte, die aus den Schaufelsegmenten der ersten Leitschaufelstufe, des Düsenkastens, stammen und deren Frequenzen ein Vielfaches der Drehfrequenz darstellen, in Schwingung versetzt werden.

Ein Laufschaufelkranz der eingangs genannten Art ist z. B. bekannt aus dem Buch «Thermische Turbomaschinen» von Walter Traupel, 3. Auflage, zweiter Band, Abb. 20.21.3 und zugehörige Beschreibung. Die erwähnte Lösung, d. h. in die Deckplatten eingestemmte Bindedrähte, ist mit dem Prädikat «sehr bemerkenswerte Ausführungsform» versehen.

Nun hat es sich jedoch gezeigt, dass an den Stellen, an denen der Draht die Stirnseiten der Deckplatten durchdringt, schwingungsbedingte Reibkorrosion auftritt, die zum Bruch des Drahtes führen kann.

Demzufolge liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, bei einem Laufschaufelkranz der eingangs genannten Art den Draht so einzuklemmen, dass er im Bereich der Stirnseiten keinen metallischen Kontakt zur Deckplatte aufweist.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass in die Stirnseiten der Deckplatten Nuten eingearbeitet sind mit einer lichten Weite, die grösser bemessen ist als jene der für den einzuwalzenden Draht vorgesehene Deckplatteneindrehung, wobei in die Nuten anlässlich des Walzvorganges ein den Draht zumindest im Bereich der Walzstellen umgebendes, nach dem Walzen entfernbares Distanzmittel eingelegt ist.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand des Aktionsrades einer Dampfturbinen-Regelstufe dargestellt.

Es zeigt:

Figur 1 eine Ansicht in Axialrichtung auf einen aus drei Laufschaufeln bestehenden Radabschnitt mit teilweise geschnittenen Deckplatten,

Figur 2 eine teilweise geschnittene Draufsicht auf den Radabschnitt nach Figur 1,

Figuren 3a bis 3c teilweise Ansichten einer Schaufel in tangentialer Richtung in verschiedenen Bearbeitungsstadien.

Erfindungsunwesentliche Elemente wie beispielsweise die Beschaukelung umgebenden strömungsbegrenzenden Statorwandungen sowie der in der Regel stromaufwärts der Regelstufe angeordnete Düsenkasten sind fortgelassen.

Das Regelrad besteht im wesentlichen aus einem geschlossenen Ring von Schaufeln, deren vom Arbeitsmedium beaufschlagtes, profiliertes Blatt 1 an seinem radial äusseren Ende mit einer Deckplatte 2 versehen ist. Im dargestellten Beispiel weist diese Deckplatte Rechteckform auf; sie könnte indessen genauso gut rhombusförmig ausgebildet sein. Auch die zylindrische Kanalförmigkeit, die sich gemäss Figur 3a dadurch äussert, dass Eintrittspartie und Austrittspartie des Schaufelblattes 1 gleiche Höhe aufweisen, ist erfindungsunwesentlich; auch konische Kanalförmigkeiten, bei denen die Konizität durch entsprechend gestaltete Deckplatten 2 und/oder Fussplatten 3 gebildet ist, können angewendet werden. Erfindungsunwesentlich ist ferner die Art der Befestigung des Schaufelfusses 4 im Rotor 5, die im vorliegenden Fall mittels axial in entsprechende Nuten des Rotors einschiebbaren Tannenbaumfüssen vorgenommen wird.

Die Erstreckung der einzelnen Deckplatten in Umfangsrichtung ist so bemessen, dass sie im kalten Zustand mit ihren Stirnseiten 6 aneinander stossen und somit einen geschlossenen Ring bilden.

Während des Normalbetriebes der vorausgesetzten volltourigen Turbomaschine weiten sich nun zum einen die Schaufeln infolge Fliehkraft auf, was zu einem Spiel von etwa $\frac{1}{100}$ mm zwischen den Stirnseiten der Deckplatten führt. Zum andern weist ein derartiges Regelrad im Nennbetrieb eine Temperatur von etwa 500 °C auf. Nun bestehen unter anderem aus Festigkeitsgründen der Rotor und die in der Regel aus dem Vollen gearbeiteten Schaufeln (1 bis 4) aus unterschiedlichen Materialien, ersterer beispielsweise aus einem Stahl nach DIN 21 Cr V 511, sofern es sich um einen Vollrotor handelt, letzterer aus einem 13prozentigen Chromstahl. Die Temperaturdehnungen von Rotor und Schaufeln bewirken ein zusätzliches Spiel zwischen den Stirnseiten benachbarter Deckplatten von etwa $\frac{1}{100}$ mm, insbesondere bedingt durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Materialien; der Rotor weitet sich stärker aus als sich die

Deckplatten in Umfangsrichtung längen.

Ohne Gegenmassnahme würde sich nun ein unzulässiges Betriebsspiel von etwa $\frac{3}{100}$ mm einstellen. Um dieses Spiel zu überbrücken, d. h. eine spielfreie Bindung der Laufschaufeln zu erzielen, sind die Dämpferdrähte 7 vorgesehen, die während des ganzen Betriebes eine Wirkverbindung zwischen je zwei benachbarten Deckplatten gewährleisten.

In Umfangsrichtung verlaufen an den Deckplatten zwei derartige Drähte 7 nebeneinander. Die Eindrehungen 8 für die Drähte werden erst am fertig beschauften Rotor in die Deckplatten eingearbeitet. Sie sind beidseitig flankiert durch Zacken 9, deren innere Flanken vorzugsweise radial ausgerichtet sind. Nach Einlegen des auf den erforderlichen Durchmesser vorgeformten Drahtes 7 werden die Zacken mit einer hierzu geeigneten Vorrichtung um den Draht herumgedrückt. Sie schliessen den Draht über den Grossteil seines Umfanges ein. Die Höhe und der Querschnitt der Zacken 9 sind so bemessen, dass nach dem Walzvorgang in der Regel keine spanabhebende Nachbearbeitung erforderlich ist.

Soweit sind Deckband- oder Deckplattenbindungen bekannt. Gemäss der Erfindung werden nunmehr vorgängig der Schaufelmontage in die der Strömung abgekehrten Stirnseiten der rohen Deckplatten Nuten 10 eingearbeitet. Im vorliegenden Fall beträgt deren Erstreckung in Umfangsrichtung etwa 5 mm bei Anwendung eines Dämpferdrahtes von 10 mm Durchmesser (Fig. 1 und 2). Ihre lichte Weite w_1 ist etwas grösser bemessen als die Breite w_2 der für den Draht vorgese-

henen Eindrehung 8 (Fig. 3a, linker Teil). In Figur 3b ist erkennbar, dass der in die Eindrehung eingelegte Dämpferdraht 7 im Bereich der Nut mit einem Streifen 11 eines biegbaren Materials unterlegt ist. Dieser Streifen, im vorliegenden Fall handelt es sich um ein Hartpapier, weist eine Stärke auf, die dem Spiel zwischen Draht und Nut entspricht. Seine Breite beträgt etwa das Doppelte der Nutenstreckung in Umfangsrichtung, so dass die zwei sich gegenüberliegenden Nuten von benachbarten Schaufeln mit nur einem gemeinsamen Streifen quasi voll ausgefüllt sind.

Beim anschliessenden Walzvorgang wird das eingelegte Distanzmittel nur unwesentlich zusammengequetscht. Ein metallischer Kontakt zwischen Draht und Deckband wird im Bereich der Nuten vermieden. Kraftschluss und Formschluss zwischen Draht und Deckband werden ausschliesslich ausserhalb der Nutzonen erzielt.

Anlässlich der ersten Inbetriebnahme wird das eingelegte, gequetschte Material infolge der Betriebstemperatur zu Asche verglühen, wodurch im Nutenbereich ein definiertes Spiel zwischen Draht und Deckband entsteht. Während des Betriebes wird sich beim Auseinanderklaffen der Deckbänder der Draht, der in der Regel aus dem gleichen Material wie die Schaufeln gefertigt ist, nur in der nicht verstemten Nutzzone dehnen. Schaufelschwingungen wirken sich an den Stellen, an denen der Draht die Deckbänder durchdringt, nicht nachteilig auf den Draht aus.

