(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 404 038 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.10.2014 Patentblatt 2014/41

(21) Anmeldenummer: **10713553.5**

(22) Anmeldetag: **27.02.2010**

(51) Int Cl.:
F01D 5/34 *(2006.01)* ***F01D 21/00*** *(2006.01)*
F01D 5/30 *(2006.01)* ***F01D 11/00*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2010/000223

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/099784 (10.09.2010 Gazette 2010/36)

(54) **INTEGRAL BESCHAUFELTER ROTOR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES INTEGRAL BESCHAUFELTEN ROTORS**

INTEGRALLY BLADED ROTOR AND METHOD FOR FABRICATING AN INTEGRALLY BLADED ROTOR

ROTOR À AUBAGE INTÉGRAL ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN ROTOR À AUBAGE INTÉGRAL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **05.03.2009 DE 102009011879**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.01.2012 Patentblatt 2012/02

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
- **BÖCK, Alexander**
  82288 Kottgeisering (DE)
- **WITTMER, Jens**
  85276 Pfaffenhofen an der Ilm (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 3 262 675 US-A- 4 872 810

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).

EP 2 404 038 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen integral beschaufeiten Rotor für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine Gasturbine, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines integral beschaufelten Rotors.

[0002] Gasturbinenrotoren mit integraler Beschaufelung bezeichnet man abhängig davon, ob ein im Querschnitt scheibenförmiger oder ein im Querschnitt ringförmiger Rotor bzw. Rotorträger (im Folgenden Rotorgrundkörper genannt) vorhanden ist, als Blisk bzw. Bling. Blisk ist die Kurzform von Bladed Disk und Bling von Bladed Ring.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Gästurbinenrotoren mit integraler Beschaufelung durch Fräsen aus dem Vollen herzustellen, was natürlich sehr aufwendig und teuer ist, weshalb dieses Verfahren nur für relativ kleine Gasturbinenrotoren Verwendung gefunden hat. Ein anderes, bei großen Rotoren Anwendung findendes Verfahren ist das Reibschweißen eines von separat hergestellten, insbesondere monokristallinen Schaufeln an einem insbesondere polykristallinen Rotorgrundkörper. Um hohe thermische Spannungen im Rotorgrundkörper zu vermeiden, werden im radialen Randbereich in axialer Richtung verlaufende Entlastungsöffnungen oder -schlitze eingebracht. Damit keine strömungstechnischen Nachteile aufgrund der Entlastungsöffnungen auftreten, sind Dichtringe oder Dichtscheiben vor oder hinter dem Rotor angeordnet, wodurch die Entlastungsöffnungen oder -schlitze abgedichtet werden. Solche Dichtringe oder -scheiben sind aufwendig zu fertigen und somit teuer und erhöhen das Gewicht des Rotors.

[0004] Das Dokument US 3 262 675 A beschreibt einen integralen Turbinenrotor, der Öffnungen am Scheibenumfang vorsieht. In den Öffnungen befindet sich eine Wand, die mit einer Bohrung versehen wird und anschließend mit einem Niet- und Füllmaterial versiegelt wird. Aus der US 4 872 810 A ist eine gebaute Stufe bekannt, wobei in konstruktionsbedingte Öffnungen zwischen den einzelnen Schaufelelementen jeweils ein Dichtelement zumindest teilweise eingebracht ist.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, einen integral beschaufelten Rotor zu schaffen, bei dem eine. Abdichtung der Entlastungsöffnungen kostengünstig und mit geringem Gewicht realisiert wird, sowie ein einfaches Herstellungsverfahren eines solchen integral beschaufelten Rotors.

[0006] Die Aufgabe wird durch einen erfindungsgemäßen integral beschaufelten Rotor für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine Gasturbine, gelost. Der Rotor umfasst einen Rotorgrundkörpen in dessen radialem Rendbereich in axialer Richtung verlaufende Entlastungsöffnungen vorgesehen sind. In jeder Entlastungsöffnung ist ein Dichtelement vorgesehen, welches die Entlastungsöffnung in axialer Richtung abdichtet. Dabei weisen die Dichtelemente jeweils eine Dichtplatte auf, die an den Querschnitt der Entlastungsöffnung angepasst ist. Die Dichtplatte ermöglicht eine optimale Abdichtung der Entlastungsöffnung. Auf diese Weise werden keine separaten Dichtringe oder -scheiben benötigt, wodurch Gewicht eingespart wird. Da ein Dichtelement nur einer Entlastungsöffnung zugeordnet ist, vereinfacht sich die Bauweise der Dichtelemente, wodurch Kosten eingespart werden.

[0007] Vorzugsweise weisen die Dichtelemente einen Anschlag auf, mit dem sie an einer Stirnseite des Rotors anliegen. Auf diese Weise werden eine einfache Positionierung der Dichtelemente sowie eine einfache Befestigung am Rotor ermöglicht.

[0008] Die Dichtelemente können mindestens einen Biegefortsatz aufweisen, der an einer Stirnseite des Rotors anliegt. Somit werden die Dichtelemente durch Umbiegen des Biegefortsatzes am Rotor befestigt.

[0009] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegen die Dichtelemente als Dämpfer zwischen benachbarten Schaufelhälsen. Dies ermöglicht eine verbesserte Dämpfung von Schwingungen des Rotors.

[0010] Die Dichtplatte lässt sich so ausführen, dass die Dicke der Dichtplatte um mindestens den Faktor 5 geringer ist als die Länge der Entlastungsöffnung. Dies ermöglicht eine weitere Einsparung von Gewicht im radialen Randbereich des Rotorgrundkörpers.

[0011] Vorzugsweise liegt die Dichtplatte in der Entlastungsöffnung. Auf diese Weise nimmt die Dichtplatte keinen zusätzlichen Bauraum in Anspruch.

[0012] Die Dichtplatte ist beispielsweise in axialer Richtung im Wesentlichen in der Mitte der Entlastungsöffnung vorgesehen. So bleibt die Abdichtung der Entlastungsöffnung auch bei kleinen Verschiebungen der Dichtplatte in axialer Richtung erhalten.

[0013] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen die Dichtelemente jeweils zwei Dichtplatten auf. Dies ermöglicht eine verbesserte Abdichtung der Entlastungsöffnung.

[0014] Vorzugsweise sind die beiden Dichtplatten der Dichtelemente so angeordnet, dass sie an den beiden Enden der Entlastungsöffnung mit den Stirnseiten des Rotors im Bereich der Entlastungsöffnungen eine Ebene bilden, d. h. bündig abschließen. Auf diese Weise ergeben sich bei Rotation des Rotors nur geringe Ventilationsverluste im Bereich der Entlastungsöffnungen.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind Dichtelemente mit verschiedenen Massen vorgesehen. Dies ermöglicht ein Wuchten des Rotors mittels der Dichtelemente.

[0016] Vorzugsweise weisen die Dichtelemente einen radial äußeren Steg auf, der wenigstens eine vom Steg abstehende Dichtplatte und an beiden Enden des Stegs Anschläge aufweist, wobei die Anschläge vorzugsweise an den Stirnseiten des Rotors angreifen. Auf diese Weise wird das Dichtelement über die beiden Anschläge an den Enden an den Stirnseiten des Rotors befestigt, wodurch ein Verrutschen der Dichtplatte verhindert wird. Diese Anschläge sind z. B. ein permanenter Fortsatz sowie ein Biegefortsatz.

[0017] Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zur Herstellung eines integral beschaufelten Rotors mit folgenden Verfahrensschritten. In einem ersten Schritt erfolgt die Befestigung von Schaufeln an einen Rotorgrundkörper, wobei im radialen Randbereich des Rotorgrundkörpers Entlastungsöffnungen vorgesehen sind, die im Bereich von Schlitzen benachbarter Schaufelhälse liegen. In einem zweiten Schritt erfolgt ein Verschließen der Entlastungsöffnungen durch Dichtelemente. Dies ermöglicht eine einfache Herstellung des Rotors, wobei auf aufwendig herzustellende und schwere Dichtringe oder -scheiben verzichtet werden kann, wodurch Gewicht und Kosten eingespart werden.

[0018] Bei einer weiteren Variante des Verfahrens erfolgt das Wuchten des Rotors mittels unterschiedlich schwerer Dichtelemente. Dies ermöglicht, die Abdichtung der Entlastungsöffnungen und das Wuchten des Rotors in einem Verfahrensschritt durchzuführen.

[0019] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den nachfolgenden Zeichnungen, auf die Bezug genommen wird. In den Zeichnungen zeigen:

- Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines integral beschaufelten Rotors gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;
- Figur 2 eine Detailansicht eines Dichtelements gemäß der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform;
- Figur 3 eine Draufsicht auf die Stirnfläche des in Figur 1 gezeigten Rotors;
- Figur 4 eine Schnittansicht entlang der in Figur 3 gezeigten Schnittebene IV-IV;
- Figur 5 eine perspektivische Ansicht eines integral beschaufelten Rotors gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;
- Figur 6 eine Detailansicht eines Dichtelements gemäß der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform;
- Figur 7 eine Draufsicht auf die Stirnfläche des in Figur 5 gezeigten Rotors; und
- Figur 8 eine Schnittansicht entlang der in Figur 7 gezeigten Schnittebene VIII-VIII.

[0020] Eine erste Ausführungsform der Erfindung wird anhand der Figuren 1 bis 4 beschrieben. Ein integral beschaufelter Rotor 10 weist einen Rotorgrundkörper 12 auf, der in der gezeigten Ausführungsform eine Rotorscheibe ist. Der Rotorgrundkörper 12 kann aber beispielsweise auch ringförmig sein.

[0021] Der integral beschaufelte Rotor 10 ist für eine Gasturbine ausgelegt, wobei er im Turbinenabschnitt oder im Verdichterabschnitt angeordnet sein kann. Die Erfindung lässt sich natürlich auch auf integral beschaufelte Rotoren anderer Strömungsmaschinen anwenden.

[0022] Am Außenradius des Rotorgrundkörpers 12 sind mehrere Schaufeln 14 vorgesehen, die in der gezeigten Ausführungsform über separate Zwischenstücke 16 mit dem Rotorgrundkörper 12 verbunden sind.

[0023] Eine Schaufel 14 ist wie folgt aufgebaut: radial innen liegend ist ein Schaufelhals 18 vorgesehen, vom Schaufelhals 18 erstreckt sich das Schaufelblatt 20 radial nach außen. Am äußeren Ende des Schaufelblatts 20 ist ein äußeres Deckband 22 vorgesehen.

[0024] Die Schaufeln 14 sind beispielsweise aus einkristallinen Nickel-Basis-Werkstoffen gefertigt, die keine Schmelzschweißverfahren erlauben. Eine solche Schaufel 14 wird zuerst durch Reibschweißen, insbesondere Linearreibschweißen, mit einem Zwischenstück 16 verbunden. Das Zwischenstück 16 ist dabei aus einem anderen Material als die Schaufel 14 gefertigt, beispielsweise aus einem polykristallinen Material. Die Schaufel 14 kann dann über das Zwischenstück 16 mit Hilfe verschiedener Verfahren am Rotorgrundkörper 12 befestigt werden. Es ist natürlich auch möglich, dass die Schaufeln 14 mit geeigneten Verfahren direkt am Rotorgrundkörper 12 befestigt sind.

[0025] Um das Gewicht des Rotors 10 möglichst gering zu halten, ist eine Leichtbauweise für den Schaufelhals 18 vorgesehen. In den Schaufelhälsen 18 sind dabei auf den in Umfangsrichtung liegenden Seiten Ausnehmungen 24 vorgesehen (vgl. Figur 1 und Figur 4). Zwischen benachbarten Schaufelhälsen 18 werden durch die Ausnehmungen 24 in gegenüberliegenden Seiten der Schaufelhälse 18 Hohlräume gebildet.

[0026] Die Schaufelhälse 18 weisen jeweils einen in axialer Richtung vorderen und hinteren Fortsatz auf. Die Fortsätze bilden gemeinsam ein in Umlaufrichtung verlaufendes inneres Deckband 26.

[0027] Im radial äußeren Randbereich des Rotorgrundkörpers 12 sind in axialer Richtung verlaufende Entlastungsöffnungen 28 vorgesehen. Die Entlastungsöffnungen 28 dienen beispielsweise zur Reduzierung von Spannungen im Rotorgrundkörper 12 aufgrund von thermischen Belastungen durch Heißgase, die durch die Strömungsmaschine geleitet werden.

[0028] Radial außerhalb der Entlastungsöffnungen 28 sind schmale Schlitze 29 zwischen benachbarten Schaufelhälsen 18 vorgesehen, die in die Öffnungen 28 übergehen.

[0029] In den Entlastungsöffnungen 28 ist jeweils ein Dichtelement 30 vorgesehen, welches die Entlastungsöffnung 28 in axialer Richtung abdichtet.

[0030] In den Figuren 1 und 3 sind einige Entlastungsöffnungen 28 des Rotors 10 mit eingesetzten Dichtelementen 30 und einige Entlastungsöffnungen 28 mit herausgenommenen Dichtelementen 30 dargestellt.

[0031] Figur 2 zeigt eine Detailansicht eines der Dichtelemente 30 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Dichtelement 30 weist einen radial äußeren Steg 32 auf. Am linken Ende des Steges 32 ist eine

Verdickung vorgesehen, die einen ersten Anschlag 34 bildet, der an einer ersten Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegt (vgl. Figur 1 oder Figur 4).

[0032] Auf dem rechten Ende des Steges 32 ist ein Biegefortsatz 38 ausgebildet. Der Biegefortsatz 38 wird nach dem Einführen des Dichtelements 30 in die Entlastungsöffnung 28 des Rotors 10 um ca. 90° nach oben umgebogen, sodass er mit seiner oberen Fläche an der zweiten Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegt. Somit bildet der Biegefortsatz 38 im umgebogenen Zustand einen zweiten Anschlag des Dichtelements 30. Es ist natürlich auch möglich, einen oder mehrere Biegefortsätze 38 so am Dichtelement 30 anzuordnen, dass sie in verschiedene Richtungen, beispielsweise seitlich, umgebogen werden können.

[0033] Eine Dichtplatte 40 steht vom Steg 32 nach unten hin ab. Die Form der Dichtplatte 40 ist dabei an den Querschnitt der Entlastungsöffnung 28 angepasst, um eine optimale Abdichtung zu erreichen. Die Dichtplatte 40 ist im Wesentlichen in der Mitte des radial äußeren Steges 32 angeordnet und ist somit im montierten Zustand innerhalb der Entlastungsöffnung 28 genauer gesagt in axialer Richtung im Wesentlichen in der Mitte der Entlastungsöffnung 28 angeordnet.

[0034] Die Dicke der Dichtplatte 40 ist um mindestens den Faktor 5 geringer als die Länge der Entlastungsöffnung 28 in axialer Richtung. Auf diese Weise wird im Bereich der Entlastungsöffnung 28 Material eingespart, wodurch sich das Gewicht des Rotors 10 reduziert. Zur maximalen Gewichtseinsparung ist die Entlastungsöffnung 28 möglichst groß gewählt, ohne dass die Stabilität des Rotors 10 beeinträchtigt wird.

[0035] Im montierten Zustand ist das Dichtelement 30 so angeordnet, dass es mit dem ersten Anschlag 34 auf der ersten Stirnseite 36 und mit einem zweiten Anschlag, der durch den umgebogenen Biegefortsatz 38 gebildet wird, an der zweiten Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegt, wodurch eine Bewegung des Dichtelements 30 in axialer Richtung verhindert wird (vgl. Figur 4).

[0036] Der radial äußere Steg 32 des Dichtelements 30 ist ein Dämpfer zwischen benachbarten Schaufelhälsen 18. Der Dämpfer dient insbesondere zur Reduzierung von Schwingungen der Schaufeln 14. Eine Option, die Dämpfungswirkung zu erzielen, besteht darin, daß die Oberseite des Stegs 32 an der Oberseite der Entlastungsöffnung 28 anliegt und über Reibung Bewegungsenergie aufgenommen wird.

[0037] Die verschiedenen Dichtelemente 30, die jeweils einer Entlastungsöffnung 28 zugeordnet sind, können verschiedene Massen aufweisen, wodurch ein Wuchten des Rotors 10 mithilfe der Dichtelemente 30 ermöglicht wird. Die Dichtelemente 30 dienen dadurch zusätzlich als Wuchtmassen.

[0038] Die Figuren 5 bis 8 zeigen eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Die Bauweisen von Rotorgrundkörper 12 und Schaufeln 14 sind identisch zur in Figur 1 bis 4 gezeigten ersten Ausführungsform. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform durch ein verändertes Dichtelement 30.

[0039] Figur 6 zeigt eine Detailansicht des Dichtelements 30 der zweiten Ausführungsform des Rotors 10. An einem radial äußeren Steg 32 sind zwei Dichtplatten 40 angebracht, die jeweils an den Querschnitt der Entlastungsöffnung 28 angepasst sind. An den Enden des radial äußeren Stegs 32 sind analog zur ersten Ausführungsform ein erster Anschlag 34 und ein Biegefortsatz 38 vorgesehen.

[0040] Die Anordnung der Dichtelemente 30 im montierten Zustand im Rotor 10 ist besonders gut in Figur 8 zu erkennen. Das Dichtelement 30 liegt mit dem ersten Anschlag 34 auf der linken Stirnseite 36 des Rotors 10 an und mit dem umgebogenen Biegefortsatz 38, der einen zweiten Anschlag bildet, an der rechten Stirnseite 36 des Rotors 10 an.

[0041] Die beiden Dichtplatten 40 der Dichtelemente 30 sind dabei so angeordnet, dass sie an den beiden Enden der Entlastungsöffnung 28 mit den Stirnseiten 36 des Rotors 10 eine Ebene bilden bzw. bündig abschließen. Auf diese Weise ergeben sich bei Rotation des Rotors 10 nur geringe Strömungsverluste durch die Dichtelemente 30.

[0042] Wie in Figur 8 gut zu erkennen, sind die Biegefortsätze 38 um annähernd 180° gebogen und liegen mit ihrer Endfläche an der Stirnseite 36 des Rotors 10 an. Es ist natürlich auch möglich, die Biegefortsätze 38 analog zur ersten Ausführungsform (vgl. Figur 4) nur um ca. 90° umzubiegen, sodass die Biegefortsätze 38 mit ihrer oberen Fläche an der Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegen. Gleichermaßen können die Biegefortsätze 38 der ersten Ausführungsform analog zur zweiten Ausführungsform um annähernd 180° gebogen sein. Es ist ebenso denkbar, mehrere Biegefortsätze 38 in verschiedenen Richtungen zu biegen.

[0043] Im Folgenden wird ein erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines oben beschriebenen integral beschaufelten Rotors 10 beschrieben.

[0044] In einem ersten Verfahrensschritt werden die Schaufeln 14 an einem Rotorgrundkörper 12 befestigt. Dies kann mithilfe verschiedener Verfahren geschehen, insbesondere unter Verwendung eines Zwischenstücks 16 zur Erleichterung von Schweißverfahren. Im radialen Randbereich des Rotorgrundkörpers 12 sind dabei Entlastungsöffnungen 28 vorgesehen, die im Bereich von Schlitzen benachbarter Schaufelhälse 18 liegen. Die Entlastungsöffnungen 28 können dabei, beispielsweise bei der Befestigung von einzelnen Schaufeln 14 am Rotorgrundkörper 12, prozessbedingt entstehen, oder sie können nach dem Befestigen der Schaufeln 14 am Rotorgrundkörper 12, beispielsweise durch Bohren oder Fräsen, entstehen.

[0045] In einem zweiten Verfahrensschritt werden die Entlastungsöffnungen 28 durch die Dichtelemente 30 verschlossen und abgedichtet. Dazu werden die Dichtelemente 30 mit dem Biegefortsatz 38 voraus in die Entlastungsöffnungen 28 eingeführt bis der erste Anschlag

34 an der Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegt. Daraufhin wird der Biegefortsatz 38, der auf der anderen Seite des Rotors 10 aus der Entlastungsöffnung 28 herausragt, nach oben umgebogen, bis er an der Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegt und somit einen zweiten Anschlag bildet, wodurch das Dichtelement 30 fest in der Entlastungsöffnung 28 gehalten wird. Die Masse der jeweiligen Dichtelemente 30 wird dabei so abgestimmt, dass gleichzeitig mit dem Abdichten der Entlastungsöffnungen 28 ein Wuchten des Rotors 10 erfolgt.

[0046] Es ist auch möglich, dass anstelle des ersten Anschlags 34 in Form einer Verdickung des Dichtelements 30 auf beiden Seiten des Dichtelements 30 ein Biegefortsatz 38 vorgesehen ist, wobei bei der Montage des Dichtelements 30 die Biegefortsätze 38 auf beiden Seiten des Dichtelements umgebogen werden und dabei jeweils an den Stirnseite 36 des Rotors 10 anliegen und einen Anschlag bilden.

[0047] Ein solches Dichtelement 30 ist beispielsweise symmetrisch ausgebildet, wodurch die Orientierung des Dichtelements 30 bei der Montage nicht berücksichtigt werden muss.

[0048] Es können auch mehr als zwei Dichtplatten 40 Verwendung finden, so dass sich eine Art Labyrinthdichtung ergeben kann.

Patentansprüche

1. Integral beschaufelter Rotor (10) für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine Gasturbine, mit einem Rotorgrundkörper (12), in dessen radialem Randbereich in axialer Richtung verlaufende Entlastungsöffnungen (28) vorgesehen sind, wobei in jeder Entlastungsöffnung (28) ein Dichtelement (30) vorgesehen ist, welches die Entlastungsöffnung (28) in axialer Richtung abdichtet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtelemente (30) jeweils eine Dichtplatte (40) aufweisen, die an den Querschnitt der Entlastungsöffnung (28) angepasst ist.

2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (30) einen Anschlag (34) aufweist, mit dem es an einer Stirnseite (36) des Rotors (10) anliegt.

3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (30) mindestens einen Biegefortsatz (38) aufweist, der an einer Stirnseite (36) des Rotors (10) anliegt.

4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (30) als Dämpfer zwischen benachbarten Schaufelhälsen (18) liegt.

5. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke der Dichtplatte (40) um mindestens einen Faktor 5 geringer ist als die Länge der Entlastungsöffnung (28).

6. Rotor nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtplatte (40) in der Entlastungsöffnung (28) liegt.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 oder 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtplatte (40) in axialer Richtung im Wesentlichen in der Mitte der Entlastungsöffnung (28) vorgesehen ist.

8. Rotor nach einem der Ansprüche 1 oder 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtelemente (30) jeweils mindestens zwei Dichtplatten (40) aufweisen.

9. Rotor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtplatten (40) der Dichtelemente (30) so angeordnet sind, dass sie an den beiden Enden der Entlastungsöffnung (28) mit den Stirnseiten (36) des Rotors (10) im Bereich der Entlastungsöffnungen (28) eine Ebene bilden.

10. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass** Dichtelemente (30) mit verschiedenen Massen vorgesehen sind.

11. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtelemente (30) einen radial äußeren Steg (32) aufweisen, der wenigstens eine vom Steg (32) abstehende Dichtplatte (40) und an beiden Enden des Stegs (32) Anschläge aufweist, wobei die Anschläge vorzugsweise an den Stirnseiten (36) des Rotors (10) angreifen.

12. Verfahren zur Herstellung eines integral beschaufelten Rotors (10), **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:

    - Befestigung von Schaufeln (14) an einem Rotorgrundkörper (12), wobei im radialen Randbereich des Rotorgrundkörpers (12) Entlastungsöffnungen (28) vorgesehen sind, die im Bereich von Schlitzen benachbarter Schaufelhälse (18) liegen;
    - Verschließen der Entlastungsöffnungen (28) **durch** Dichtelemente (30), wobei die Dichtelemente (30) jeweils eine Dichtplatte (40) aufweisen, die an den Querschnitt der Entlastungsöffnung (28) angepasst ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Wuchten des Rotors (10) mittels Einsetzen von Dichtelementen (30) unterschiedlichen Gewichts erfolgt.

Claims

1. Integrally bladed rotor (10) for a turbo machine, in particular for a gas turbine, having a base rotor body (12), in the radial edge region of which relief openings (28) passing in an axial direction are provided, wherein a sealing element (30) is provided in each relief opening (28), which seals the relief opening (28) in an axial direction, **characterised in that** the sealing elements (30) each have a sealing plate (40), which is adapted to the cross section of the relief opening (28).

2. Rotor according to claim 1, **characterised in that** the sealing element (30) has a buffer (34), with which it rests against a front face (36) of the rotor (10).

3. Rotor according to claim 1 or 2, **characterised in that** the sealing element (30) has at least one bending extension (38), which rests against a front face (36) of the rotor (10).

4. Rotor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the sealing element (30) is located as a damper between adjacent blade necks (18).

5. Rotor according to claim 1, **characterised in that** the thickness of the sealing plate (40) is lower than the length of the relief opening (28) by at least a factor of 5.

6. Rotor according to claim 1 or 5, **characterised in that** the sealing plate (40) is located in the relief opening (28).

7. Rotor according to one of claims 1 or 5 and 6, **characterised in that** the sealing plate (40) is provided substantially in the middle of the relief opening (28) in an axial direction.

8. Rotor according to one of claims 1 or 5 and 6, **characterised in that** the sealing elements (30) each have at least two sealing plates (40).

9. Rotor according to claim 8, **characterised in that** the sealing plates (40) of the sealing elements (30) are arranged in such a way that they form a plane on both ends of the relief opening (28) with the front faces (36) of the rotor (10) in the region of the relief openings (28).

10. Rotor according to one of the preceding claims, **characterised in that** sealing elements (30) with different masses are provided.

11. Rotor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the sealing elements (30) have a radial outer crosspiece (32), which has at least one sealing plate (40) protruding from the crosspiece (32) and buffers at both ends of the crosspiece (32), wherein the buffers preferably touch the front faces (36) of the rotor (10).

12. Method for the production of an integrally bladed rotor (10), **characterised by** the following method steps:

    - attachment of blades (14) to a base rotor body (12), wherein relief openings (28) are provided in the radial edge region of the base rotor body (12), said openings being located in the region of slots of adjacent blade necks (18);
    - sealing of the relief openings (28) by sealing elements (30), wherein the sealing elements (30) each have a sealing plate (40), which is adapted to the cross section of the relief opening (28).

13. Method according to claim 12, **characterised in that** the momentum of the rotor (10) takes place by using sealing elements (30) of different weights.

Revendications

1. Rotor à aubage intégral (10) destiné à une turbomachine, notamment à une turbine à gaz, comportant un corps de base de rotor (12) dans la partie marginale radiale duquel des ouvertures de délestage (28) s'étendant dans la direction axiale sont prévues, un élément d'étanchéité (30) étant prévu dans chaque ouverture de délestage (28), lequel étanche l'ouverture de délestage (28) dans la direction axiale, **caractérisé en ce que** les éléments d'étanchéité (30) comprennent respectivement une plaque d'étanchéité (40) adaptée à la section transversale de l'ouverture de délestage (28).

2. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (30) comprend une butée (34) avec laquelle il repose sur une face frontale (36) du rotor (10).

3. Rotor selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (30) comprend au moins un prolongement flexible (38) reposant sur une face frontale (36) du rotor (10).

4. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (30) se situe, en tant qu'amortisseur, entre des cols d'aube (18) adjacents.

5. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la plaque d'étanchéité (40) est

inférieure d'au moins un facteur 5 à la longueur de l'ouverture de délestage (28).

6. Rotor selon la revendication 1 ou 5, **caractérisé en ce que** la plaque d'étanchéité (40) se situe dans l'ouverture de délestage (28).

7. Rotor selon l'une quelconque des revendications 1 ou 5 et 6, **caractérisé en ce que** la plaque d'étanchéité (40) est prévue dans la direction axiale sensiblement au centre de l'ouverture de délestage (28).

8. Rotor selon l'une quelconque des revendications 1 ou 5 et 6, **caractérisé en ce que** les éléments d'étanchéité (30) comprennent respectivement au moins deux plaques d'étanchéité (40).

9. Rotor selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les plaques d'étanchéité (40) des éléments d'étanchéité (30) sont disposées de telle manière qu'aux deux extrémités de l'ouverture de délestage (28) elles forment un plan avec les faces frontales (36) du rotor (10) dans la zone des ouvertures de délestage (28).

10. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments d'étanchéité (30) sont prévus avec des masses différentes.

11. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments d'étanchéité (30) présentent un élément de liaison (32) radialement extérieur, lequel comprend au moins une plaque d'étanchéité (40) faisant saillie de l'élément de liaison (32) et des butées aux deux extrémités de l'élément de liaison (32), les butées agissant de préférence sur les faces frontales (36) du rotor (10).

12. Procédé de fabrication d'un rotor à aubage intégral (10), **caractérisé par** les étapes de procédé suivantes :

- la fixation des aubes (14) sur un corps de base de rotor (12), des ouvertures de délestage (28), lesquelles se situent dans la zone de fentes de cols d'aube (18) adjacents, étant prévues dans la partie marginale radiale du corps de base de rotor (12) ;
- la fermeture des ouvertures de délestage (28) par des éléments d'étanchéité (30), les éléments d'étanchéité (30) comprenant respectivement une plaque d'étanchéité (40), laquelle est adaptée à la section transversale de l'ouverture de délestage (28).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'équilibrage du rotor (10) s'effectue par utilisation d'éléments d'étanchéité (30) présentant des poids différents.

Fig. 1

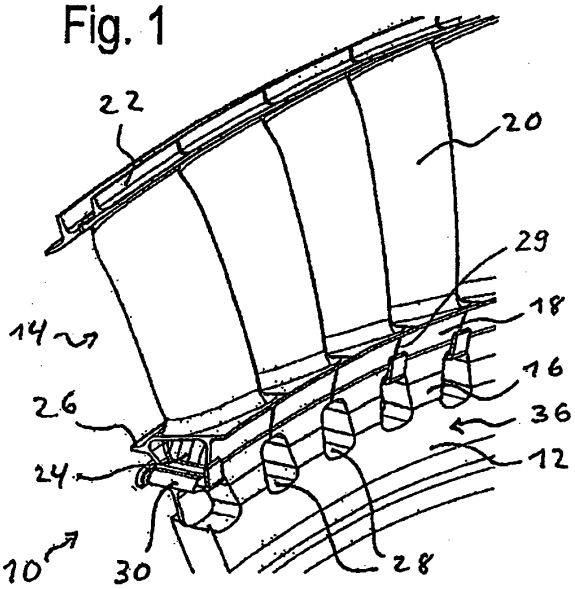
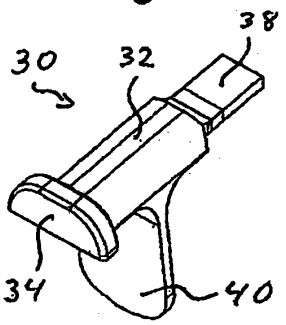


Fig. 2



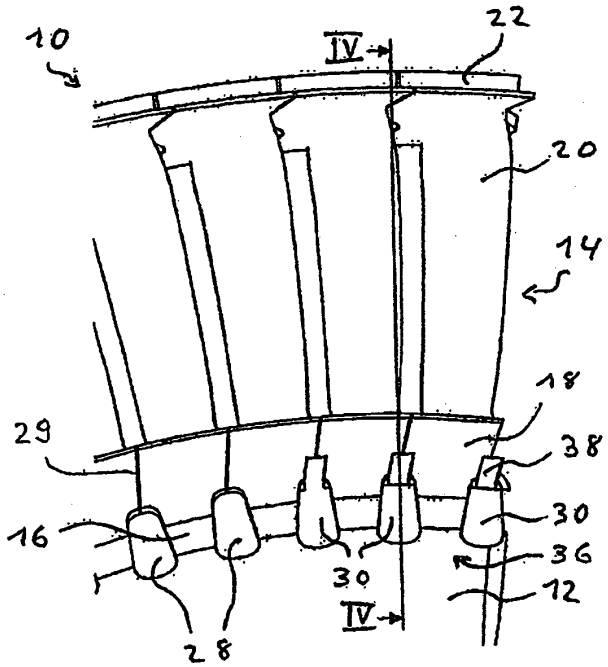


Fig. 3

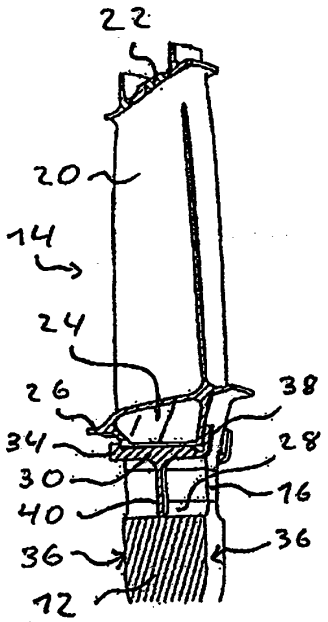


Fig. 4

Fig. 5

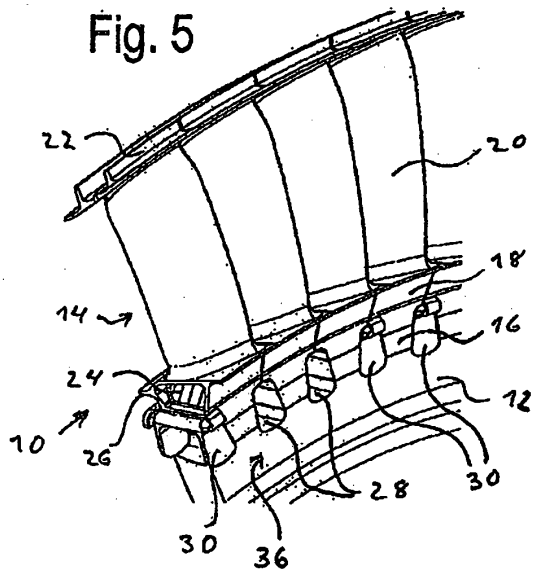
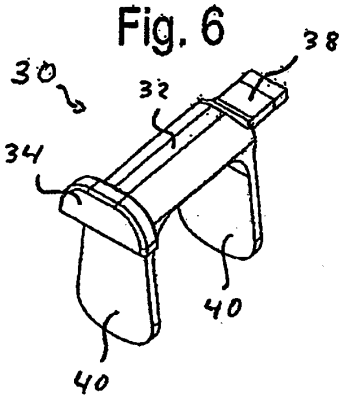


Fig. 6



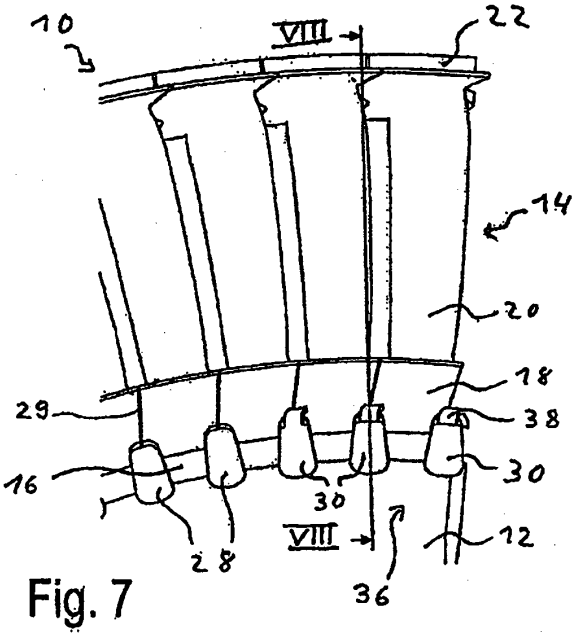


Fig. 7

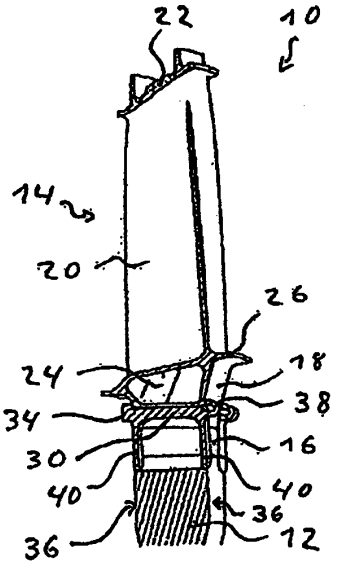


Fig. 8

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

- US 3262675 A **[0004]**
- US 4872810 A **[0004]**