

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. September 2010 (02.09.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/097277 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 5/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/051366

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Februar 2010 (04.02.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 010 613.8
25. Februar 2009 (25.02.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/
DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): EBERT, Christoph
[DE/DE]; Hertelstr. 21, 01307 Dresden (DE). HAJE,
Detlef [DE/DE]; Heilige-Grab-Str. 77, 02828 Görlitz
(DE). LANGKAMP, Albert [DE/DE]; Weißiger Weg
15, 01324 Dresden (DE). MANTEI, Markus [DE/DE];
Königsbrücker Str. 103, 01896 Pulsnitz, OT Friedersdorf
(DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

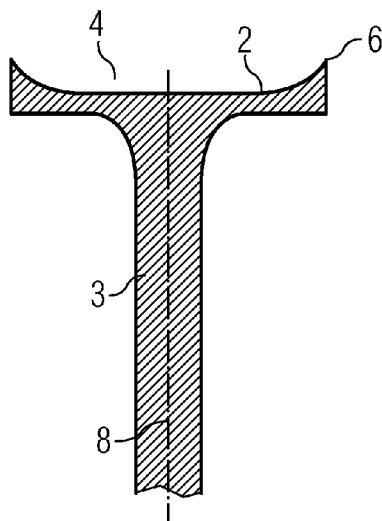
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ATTACHING OR PRODUCING A CLOSED COVER STRIP THE BLADING OF A TURBINE
STAGE AND BLADING FOR A TURBINE STAGE OF A TURBINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ANBRINGEN BZW. HERSTELLEN EINES GESCHLOSSENEN DECKBANDES
FÜR EINE LAUFBESCHAUFELUNG EINER TURBINENSTUFE SOWIE LAUFBESCHAUFELUNG EINER TURBINEN-
STUFE FÜR EINE TURBINE

FIG 1
A-A



(57) Abstract: The invention relates to a method for attaching or produ-
cing a closed cover strip (1) to or on the free front ends (2) of neighbouring
blades (3) of the blading of a turbine stage, according to which a strip con-
sisting of a fibrous material is wound onto the free front ends (2) of the
blades (3), a matrix material is infiltrated into the fibrous material of the
wound strip and the resultant fibre composite material is cured. The inven-
tion also relates to two other methods for attaching/producing a closed co-
ver strip (1) to or on the front free ends (2) of neighbouring blades (3) of
the blading of a turbine stage and to blading for a turbine, having a plurali-
ty of neighbouring blades (3), said blades (3) being made from a fibrous
material.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere
ein Verfahren zum Anbringen bzw. Herstellen eines geschlossenen Deck-
bandes (1) an die/den stirnseitigen freien Enden (2) von nebeneinander an-
geordneten Schaufelblättern (3) einer Laufbeschaufelung einer Turbinen-
stufe einer Turbine, wobei ein Band aus einem Faserwerkstoff auf die
stirnseitigen freien Enden (2) der Schaufelblätter (3) gewickelt wird, ein
Matrixwerkstoff in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infil-
triert wird und der entstehende Faserverbundwerkstoff ausgehärtet wird.
Ferner betrifft die Erfindung zwei weitere Verfahren zum Anbringen/Her-
stellen eines geschlossenen Deckbandes (1) an die/den stirnseitigen freien
Enden (2) von nebeneinander

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Beschreibung

Verfahren zum Anbringen bzw. Herstellen eines geschlossenen
Deckbandes für eine Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe so-
5 wie Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe für eine Turbine

Die vorliegende Erfindung betrifft mehrere Verfahren zum An-
bringen bzw. Herstellen eines geschlossenen Deckbandes an
die/den stirnseitigen freien Enden von nebeneinander angeord-
10 neten Schaufelblättern einer Laufbeschaufelung einer Turbi-
nenstufe einer Turbine. Ferner betrifft die Erfindung eine
Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe für eine Turbine, auf-
weisend eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Schaufel-
blätter.

15

Die Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine weist
eine Vielzahl von Schaufelblättern auf. Beim Betrieb einer
Turbine, insbesondere einer Dampfturbine, wird die Laufbe-
schaufelung hohen Kräften ausgesetzt. Die letzte Stufe einer
20 Kondensationsdampfturbine ist bei der Auslegung der Turbine
meist das begrenzende Bauteil bzgl. der maximalen Durchström-
fläche bzw. der maximalen Drehzahl, da die Zentrifugalkräfte/
Fliehkräfte zu hohen Spannungen führen. Der Einsatz von
Laufbeschaufelungen bzw. Schaufelblättern aus einem Verbund-
25 werkstoff, wie einem Faserverbundwerkstoff, insbesondere ei-
nem kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoff wirkt sich
durch die deutlich geringere Masse derartig ausgebildeter
Laufbeschaufelungen bzw. Schaufelblätter vorteilhaft aus.
D.h., der Einsatz von Faserverbundlaufbeschaufelungen wirkt
30 sich durch das deutlich bessere Festigkeits-/Masse-Verhältnis
vorteilhaft aus.

Bei kleineren Laufbeschaufelungen ist es bekannt ein Deckband
aus Stahl an den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblät-
35 ter, d.h. an den Schaufelblattspitzen, anzubringen. Dabei
werden eine Vielzahl von Stahlelementen kraftschlüssig mit-
einander verbunden, bis diese ein geschlossenes, umlaufendes
Deckband ergeben.

Aufgrund der hohen Fliehkräfte ist es aber nicht möglich, ein dichtendes und somit wirkungsgradsteigerndes Stahldeckband auf große Laufbeschaufelungen, beispielsweise der letzte Stufe einer Kondensationsdampfturbine, anzubringen. Dieses
5 Stahldeckband würde aufgrund der Lage am Außendurchmesser die Fliehkräfte deutlich erhöhen, so dass eine derartige Laufbeschaufelung im Betrieb nicht standhält. Ferner führt ein Deckband zu Einschränkungen bzgl. der Materialstärke und des
10 Designs der Laufbeschaufelung.

Daher ist die letzte Stufe einer Beschaufelung einer Turbine, insbesondere einer Kondensationsdampfturbine, meist mit freistehenden Schaufelblättern ausgeführt. Soweit im Anwendungs-
15 fall erforderlich werden die Schaufelblätter mit Koppelementen, die zwischen den Schaufelblättern angeordnet werden, stabilisiert.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Deckband für eine große Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine herzustellen bzw. dieses an eine große Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine anzubringen, um den Wirkungsgrad einer Beschaufelung bzw. einer Turbinenstufe einer Turbine zu steigern und die Schwingungen der Schaufelblätter der Laufbeschaufelung zu dämpfen.
25

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Anbringen bzw. Herstellen eines geschlossenen Deckbandes an die/den stirnseitigen freien Enden von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1, durch ein Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 9, durch ein Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 10 sowie durch eine Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe für eine Turbine mit den Merkmalen gemäß
35 dem unabhängigen Patentanspruch 20 gelöst. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie den Zeichnungen. Dabei gelten

Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit einem der erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit den anderen erfindungsgemäßen Verfahren sowie der Laufbeschaufelung, und jeweils umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen werden kann.

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Anbringen bzw. Herstellen eines geschlossenen Deckbandes an die/den stirnseitigen freien Enden von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine gelöst, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Band aus einem Faserwerkstoff auf die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter gewickelt wird, dass ein Matrixwerkstoff in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert wird und der entstehende Faserverbundwerkstoff ausgehärtet wird.

Im Lichte der Erfindung werden die Schaufelblattspitzen als stirnseitige freie Enden der Schaufelblätter bezeichnet. Benachbarte Schaufelblätter weisen bevorzugt den gleichen Abstand zueinander auf. Die Schaufelblätter der Laufbeschaufelung können aus Stahl oder Titan ausgebildet sein. Bevorzugt sind die Schaufelblätter der Laufbeschaufelung jedoch aus einem Faserverbundwerkstoff ausgebildet, da sich dieser Werkstoff, im Gegensatz zu Schaufelblättern aus Stahl oder Titan, durch das bessere Festigkeits-/Masse-Verhältnis vorteilhaft auswirkt. Faserverbundwerkstoffe sind Werkstoffe, die wenigstens zwei Komponenten, nämlich einen Faserwerkstoff und einen Matrixwerkstoff, umfassen. Der Matrixwerkstoff umgibt dabei den Faserwerkstoff. Durch die gegenseitigen Wechselwirkungen der beiden Komponenten können bei einem Faserverbundwerkstoff bessere bzw. höherwertige Eigenschaften erreicht werden, als bei jedem der beiden einzelnen Komponenten.

Zur Herstellung und Anbringung des Deckbandes wird zunächst ein Band aus einem Faserwerkstoff auf die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter gewickelt. Dies kann durch eine

Drehung der Laufbeschaufelung um eine Achse erfolgen. Vorteilhafterweise ist die Laufbeschaufelung an einen Rotor befestigt, der gedreht wird. Zum Aufbringen des Bandes werden der Rotor und damit die Laufbeschaufelung gedreht. Das Faserwerkstoffband ist vorteilhafterweise auf einer Rolle aufgewickelt. Diese Rolle wird zum Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter bevorzugt ebenfalls drehbar, beispielsweise auf einer Wickelmaschine, gelagert. Das Faserwerkstoffband kann unterschiedlich straff auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter aufgewickelt werden.

Nach dem Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes wird ein Matrixwerkstoff in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert. Durch die Infiltration des Matrixwerkstoffes in den Faserwerkstoff entsteht der so genannte Faserverbundwerkstoff. Nach einem Aushärteprozess entsteht ein festes Deckband, das an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter fest angeordnet ist. Durch Variation der Bandlänge des Faserwerkstoffbandes kann die Deckbandstärke gezielt variiert und an die jeweiligen Randbedingungen einer Turbine angepasst werden. Der Matrixwerkstoff wird in flüssiger Form in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert. Aushärten bedeutet, dass sich der flüssige Matrixwerkstoff, nachdem sich dieser gleichmäßig im Faserwerkstoff verteilt hat, verfestigt. Dies kann unter Zuhilfenahme eines Temperprozesses erfolgen. Durch entsprechende Erwärmung härtet der entstehende Verbundwerkstoff aus, so dass ein stabiles, fest anliegendes Deckband aus einem Faserverbundwerkstoff entsteht.

Ein derartiges Deckband aus einem Faserverbundwerkstoff dämpft die Schwingungen der Schaufelblätter während des Betriebes der Laufbeschaufelung sehr gut und ermöglicht es, dass die Turbinenschaufelblätter der Turbinenschaufel dünner und damit auch aerodynamisch günstiger ausgelegt werden können, als aus Schwingungsstabilitätsgründen bislang möglich war. Insbesondere große Laufbeschaufelungen, wie bei der Endstufe einer Kondensationsdampfturbine, können durch das Anbringen eines derartigen Deckbandes in ihren Schwingungen ge-

dämpft werden. Die bei einer Drehung der Laufbeschaufelung auftretenden Fliehkräfte können durch ein derartiges Deckband, im Vergleich zu einem angebrachten Deckband aus Stahl, verringert werden. Durch das Anbringen eines derartigen Deckbandes kann auf zusätzliche Koppелеlemente, die zur Dämpfung der Schwingungen der Schaufelblätter zwischen diesen angeordnet werden, verzichtet werden, wodurch der Wirkungsgrad der Turbinenstufe bzw. der Turbine gesteigert werden kann. Insbesondere kann die Anregbarkeit von Schwingungen durch die Versteifung der Laufbeschaufelung, d.h. aller Schaufelblätter, vermindert werden.

Als Faserwerkstoff sind verschiedenartige Fasern einsetzbar. Beispielsweise kann ein Band aus Glasfasern, Keramikfasern, Nylonfasern oder Aramidfasern eingesetzt werden. Besonders bevorzugt ist das Band jedoch aus Kohlenstofffasern ausgebildet. Diese sind industriell hergestellte Hochleistungsfasern mit besonderen Eigenschaften. So zeichnen sich Kohlenstofffasern, auch als Kohlefasern bezeichnet, unter anderem durch eine hohe Festigkeit, einen hohen Elastizitätsmodul, keine Kriechneigung, eine gute Schwingungsdämpfung und eine geringe Materialermüdung aus. Ferner sind Kohlenstofffasern gekennzeichnet durch eine geringe Wärmeausdehnung.

In Verbindung mit einem Matrixwerkstoff, der den Faserwerkstoff, insbesondere die Kohlenstofffasern, durch Infiltration in diesen umgibt, entsteht ein Faserverbundwerkstoff mit hohen spezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten. Die Fasern des Faserwerkstoffs werden dabei durch Adhäsiv- oder Kohäsivkräfte an den Matrixwerkstoff gebunden.

Bevorzugt ist ein zuvor beschriebenes Verfahren, bei dem als Matrixwerkstoff ein Kunststoff, insbesondere ein Harz, in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert wird. Durch das Infiltrieren derartiger Kunststoffe bzw. Harze in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes entsteht ein Faserverbundwerkstoff mit sehr hohen spezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten. Beispielsweise können ein Duroplast oder

ein Thermoplast in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert werden.

Besonders bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem der Matrixwerkstoff durch Unterdruck in den Faserwerkstoff infiltriert wird. Beispielsweise kann eine Form bzw. ein Gehäuse um den aufgewickelten Faserwerkstoff gelegt werden, der diesen luftdicht abdichtet. Anschließend kann durch geeignete Werkzeuge in dem abgedichteten Bereich ein Unterdruck erzeugt werden. Nach der Erzeugung des Unterdrucks wird der Matrixwerkstoff in den abgedichteten Bereich eingeführt, so dass dieser sich aufgrund des Unterdrucks gleichmäßig mit dem Faserwerkstoff vermischt. Durch den Unterdruck kann der Matrixwerkstoff besser mit dem Faserwerkstoff, insbesondere mit den Kohlenstofffasern, vermischt werden. Dabei fließt der flüssige Matrixwerkstoff in die Hohlräume zwischen den Fasern des Faserwerkstoffes. Durch diese sehr effektive Vermischung des Matrixwerkstoffes mit dem aufgewickelten Faserwerkstoff wird ein Faserverbundwerkstoff erhalten, der nach dem Aushärten ein sehr festes, steifes und gut schwingungsdämpfendes Deckband der Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe bildet.

Bevorzugt kann eine Form bzw. ein kanalförmiges Gehäuse bereits beim Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes an den Seiten der Schaufelblätter angelegt werden, so dass das Faserwerkstoffband zentriert an den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter angelegt werden kann. So kann die Form beispielsweise zwei scheiben- oder ringförmige Elemente aufweisen, die an die Längsseiten der Schaufelblätter formschlüssig angelegt werden. Diese stehen dabei an den freien Enden der Schaufelblätter, d.h. an den Schaufelblattspitzen, an beiden Seiten etwas über, so dass diese einen Kanal bilden, in den das Faserwerkstoffband beim Aufwickeln eingelegt werden kann. Dies gewährleistet eine Zentrierung des Faserwerkstoffbandes beim Aufwickeln.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Turbinenschaufelblätter an ihren stirnseitigen freien Enden jeweils eine Mulde auf-

weisen, in die das Faserwerkstoffband beim Aufwickeln eingelegt wird. D.h., das Faserwerkstoffband wird in die Mulden, auch als Bett bezeichnet, an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter eingelegt, um besser an den Enden positioniert bzw. zentriert zu werden. Das Faserwerkstoffband wird dadurch beim Aufwickeln automatisch in den Mulden an den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter zentriert, so dass ein seitliches Verrutschen des Faserwerkstoffbandes an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter verhindert wird. Vorteilhaft dabei ist, dass das aufgewickelte Faserwerkstoffband seitlich durch die Wandungen bzw. Schenkel der Mulden, insbesondere während des Betriebes der Laufbeschaufelung, gehalten wird. Die Mulde bzw. das Bett an dem stirnseitigen freien Ende eines Schaufelblattes wird vorteilhafterweise direkt bei der Herstellung des Schaufelblattes erzeugt.

Ferner ist es bevorzugt, wenn nach dem Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes in die Mulden der Schaufelblätter das Faserwerkstoffband mit einer Folie luftdicht abgedeckt wird, wenn anschließend ein Unterdruck in dem abgedeckten Bereich erzeugt wird und wenn nach dem Erreichen eines bestimmaren Unterdrucks der Matrixwerkstoff in den mit Unterdruck beaufschlagten Bereich zur Infiltration in den Faserwerkstoff eingebracht wird. Die Folie wird radial umlaufend an den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter angelegt, so dass das aufgewickelte Faserwerkstoffband luftdicht abgeschlossen wird. Dabei wird die Folie vorteilhafterweise an die Kanten der Mulden der Schaufelblätter angelegt. Nach der luftdichten Abdichtung des aufgewickelten Faserwerkstoffbandes wird mittels einer entsprechenden Vorrichtung, beispielsweise einer Pumpe, ein Unterdruck in dem abgedichteten Bereich, in dem das Faserwerkstoffband einliegt, erzeugt. Dies kann durch Öffnungen in der Folie erfolgen. Die Größe des Unterdrucks kann dabei frei bestimmt werden. Auch der Zwischenraum zwischen den Enden zweier Schaufelblätter wird durch die Folie oder eine geeignete Form abgedeckt. Nach dem Erreichen eines bestimmten Unterdrucks wird der flüssige Matrixwerkstoff in den mit Unterdruck beaufschlagten Bereich zur Infiltration in

den Faserwerkstoff eingebracht, so dass der Matrixwerkstoff sich mit dem Faserwerkstoff vermischt. Nach einem anschließenden Aushärteprozess, kann die Folie wieder entfernt werden und der entstandene Faserverbundwerkstoff bildet das Deckband der Laufbeschaufelung, wobei das Deckband fest mit den Spitzen der Schaufelblätter der Laufbeschaufelung verbunden ist. Im Lichte der Erfindung kann die Folie auch als ein formstabiles Gehäuse ausgebildet sein.

10 Ferner kann bei dem Verfahren vorgesehen sein, dass das Faserwerkstoffband bereits beim Aufwickeln auf die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter mit dem Matrixwerkstoff versehen ist. Hierdurch ist bereits beim Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter der Matrixwerkstoff mit dem Faserwerkstoff vermischt. Insbesondere dadurch, dass das Faserwerkstoffband in vielen Lagen um die Enden der Schaufelblätter gewickelt wird, befindet sich bereits in jeder Lage der Matrixwerkstoff. Da die mit dem Matrixwerkstoff getränkten Fasern unter Vorspannung aufgewickelt werden, wird überschüssiger Matrixwerkstoff nach außen gepresst. Durch eine nachträgliche Bearbeitung, beispielsweise durch eine Überdrehung der Laufbeschaufelung, wird der nach außen gepresste Matrixwerkstoff entfernt. Ist nicht ausreichend Matrixwerkstoff vorhanden, kann durch ein anschließendes Abdichten des aufgewickelten Bandes und durch das Anlegen eines Unterdrucks in dem abgedichteten Bereich, sich der Matrixwerkstoff sehr gleichmäßig mit den Fasern des Faserwerkstoffbandes verbinden. Zusätzlich kann weiterer flüssiger Matrixwerkstoff in den abgedichteten Bereich infiltriert werden, so dass ausreichend Matrixwerkstoff das Faserwerkstoffband umgibt.

Ferner kann vorgesehen werden, dass an dem entstandenen Deckband aus Faserverbundwerkstoff Dichtspitzen befestigt werden. Diese können nachträglich an dem entstandenen Deckband befestigt werden. So können nachträglich an der Außenseite des Deckbandes Nute eingedreht werden, an denen die Dichtspitzen, insbesondere in Form eines Dichtspitzenbandes, befestigt wer-

den. Alternativ dazu können die Dichtspitzen auch während des Infiltrierens des Matrixwerkstoffes in den Faserwerkstoff eingebracht oder erzeugt werden. Die Dichtspitzen können aus Kunststoff, insbesondere aus einem Harz, aber auch aus Metall
5 oder einem anderen günstigen Material ausgebildet sein. Beispielsweise können die Dichtspitzen Thermoplast oder Du-
roplast aufweisen. Die Dichtspitzen werden im Nachhinein und ggf. nach einem Temperprozess zur Maßhaltigkeit überdreht. Es ist auch möglich die Dichtspitzen so auszuführen, dass sich
10 durch kurzzeitiges Berühren mit einem Stator das Spiel zwischen den Dichtspitzen und dem Stator selbstständig ein-
stellt. D.h., das Spiel der Dichtspitzen stellt sich durch Materialabrieb am Stator und/oder an den Dichtspitzen selbst
ein.

15 Durch den Einsatz eines flexiblen Faserwerkstoffbandes und eines entsprechenden Matrixwerkstoffes, wie eines Harzes, ist das Erzeugen/Anbringen eines Deckbandes, wie es bei kleineren Laufbeschaufelungen verwendet wird, auch bei größeren Laufbe-
20 schaufelungen möglich. Dies hat eine Steigerung des Wirkungs-
grades der Stufe einer Turbine, insbesondere einer Dampftur-
bine, zur Folge.

Das entstandene Deckband aus einem Faserverbundwerkstoff
25 dämpft Schwingungen der Schaufelblätter und damit der Laufbe-
schaufelung und gibt somit das Potential, die Schaufelblätter
beispielsweise dünner auszulegen, als aus Schwingungsstabili-
tätsgründen bislang, insbesondere bei größeren Laufbeschaufe-
lungen, möglich ist. Auf zusätzliche Koppellemente, wie Kop-
30 peldrähte, zwischen den Schaufelblättern kann verzichtet wer-
den, was wiederum den Wirkungsgrad der Stufe einer Turbine
steigert. Weiterhin wird eine Anregbarkeit von Schwingungen
durch die Versteifung aller Schaufelblätter vermindert.

35 Alternativ zu dem Verfahren gemäß des ersten Aspektes der Er-
findung, wird gemäß des zweiten Aspektes der Erfindung die
Aufgabe durch ein Verfahren zum Anbringen/Herstellen eines
geschlossenen Deckbandes an die/den stirnseitigen freien En-

den von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine gelöst, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass ein geschlossener Ring aus einem Faserverbundwerkstoff durch einen

5 Aufschumpfprozess auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter angebracht wird. D.h., der geschlossene Ring aus einem Faserverbundwerkstoff kann einerseits auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter der Laufbeschaufelung aufgeschumpft werden. Bei diesem Verfahren wird die Eigenschaft

10 ausgenutzt, dass sich Materialien bei Erreichung einer bestimmten Temperatur ausdehnen oder zusammenziehen. Bei diesem Verfahren werden das Deckband und die Schaufelblätter nicht passgenau angefertigt, sondern entweder das Deckband geringfügig zu klein oder die Schaufelblätter ge-

15 ringfügig zu groß gefertigt, so dass sie bei Normaltemperatur nicht miteinander verbunden werden können. Durch Abkühlung des vorgefertigten Deckbandes dehnt sich dieses aus und wird nach der Ausdehnung auf die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter gezogen. Beim Erwärmen auf die normale Umge-

20 bungstemperatur schrumpft das Deckband zusammen und presst sich dadurch auf die Enden der Schaufelblätter auf und bleibt so fest mit diesem verbunden. Zusätzlich zu der Abkühlung des Deckbandes können die Turbinenschaufelblätter je nach Material gekühlt oder erwärmt werden, so dass sich diese etwas zu-

25 sammenschrumpfen. Die Schaufelblätter dehnen sich bei einer Abkühlung oder Erwärmung auf die Umgebungstemperatur wieder aus, so dass diese sich an das aufgezugene Deckband pressen. Da ein kohlenstofffaserverstärkter Verbundwerkstoff einen Wärmeausdehnungskoeffizienten nahe Null bzw. kleiner Null

30 aufweist, kann durch Abkühlung des Deckbandes aus kohlenstofffaserverstärktem Verbundwerkstoff der Durchmesser des Deckbandes etwas vergrößert werden. Zusätzlich kann durch eine entsprechende Temperaturführung die Laufbeschaufelung etwas verkleinert werden, so dass das Deckband leichter aufge-

35 schoben werden kann.

Gemäß eines dritten Aspektes der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Anbringen/Herstellen eines geschlos-

senen Deckbandes an die/den stirnseitigen freien Enden von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine gelöst, bei dem ein geschlossener Ring aus einem Faserverbundwerkstoff, insbesondere aus einem kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoff, auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter aufgeklebt wird.

Dabei können die Oberfläche der stirnseitigen Enden der Schaufelblätter bestrahlt und/oder speziell aktiviert werden. Um das Deckband an die Schaufelblattspitzen anzukleben, werden die Spitzen der Schaufelblätter und/oder die Innenseite des Deckbandes mittels Plasmaspritzen, mechanischem Aufrauhen und/oder Beschichten aktiviert. Durch Aufbringen von Klebstoff auf eine oder beide Komponenten und anschließendes Zusammenfügen wird die Verbindung erzeugt.

Besonders bevorzugt wird der geschlossene Ring auf geneigt zu der Drehachse der Turbinenschaufel verlaufende stirnseitige freie Enden der Turbinenschaufelblätter angeordnet. D.h., die freien Enden der Turbinenschaufelblätter verlaufen vorteilhafterweise geneigt zu den Längsachsen der Turbinenschaufelblätter bzw. zu der Ebene, in der die Turbinenschaufelblätter angeordnet sind. Die Neigung ermöglicht eine bessere Montage des Ringes. Insbesondere wird der Dampfdruck genutzt, um den Ring auf die Schaufelblattspitzen zu drücken.

Bevorzugt weist der geschlossene Ring bei dem Anbringen des Ringes gemäß des zweiten oder dritten Aspektes der Erfindung bereits Dichtspitzen auf. Dadurch müssen die Dichtspitzen nicht nachträglich an dem entstehenden Deckband angeordnet werden. Die Dichtspitzen sind bevorzugt aus Harz, insbesondere aus einem Thermoplast oder aus einem Duroplast, oder aus Metall ausgebildet.

Gemäß eines weiteren Verfahrensschrittes können die Dichtspitzen zur Maßhaltigkeit überdreht werden. Insbesondere können die Dichtspitzen nach einem Temperprozess zur Maßhaltig-

keit überdreht werden. Vorteilhafterweise wird der Deckbandring auf einer geeigneten Drehmaschine positioniert und auf Maß abgedreht.

5 In einem alternativen Verfahrensschritt kann das Spiel der Dichtspitzen zu einem die Turbinenschaufel umgebenden Stator bevorzugt durch Materialabrieb am Stator und/oder an den Dichtspitzen eingestellt werden. Dabei berühren sich die Dichtspitzen und der Stator kurzzeitig.

10

Bevorzugt ist ferner ein Verfahrensschritt der dadurch gekennzeichnet ist, dass vor dem Aufbringen des Faserwerkstoffbandes bzw. des geschlossenen Ringes auf die stirnseitigen Enden der Schaufelblätter eine umlaufende oder unterbrochen
15 umlaufende dämpfende Zwischenschicht an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter angebracht wird. Diese Zwischenschicht dient als Dämpfer zwischen den Schaufelblättern und dem Deckband. D.h., die Zwischenschicht dämpft die Schwingungen der Schaufelblätter. Diese können einzeln oder aber zusammen in Schwingungen versetzt werden. Durch die Zwischenschicht, die bevorzugt aus einem Gummi ausgebildet ist, können Schwingungen einzelner Schaufelblätter, aber auch Schwingungen mehrerer Schaufelblätter gedämpft werden. Die Zwischen-
20 schicht ist bevorzugt als ein geschlossener elastischer Ring ausgebildet, der durch Auseinanderdehnung auf die stirnseitigen freien Enden aufgezogen werden kann. Die Dämpfung der Schwingungen eines Schaufelblattes bzw. mehrerer Schaufelblätter erfolgt aufgrund der Reibung der stirnseitigen Enden der Schaufelblätter und der Zwischenschicht sowie des auf
30 die Zwischenschicht aufgebrachten Deckbandes und der Zwischenschicht. Dabei kann das Deckband nach einem der zuvor geschilderten Verfahren auf die Zwischenschicht aufgebracht werden. Bevorzugt weisen die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter jeweils eine Mulde auf, in deren Bodenbereich
35 die Zwischenschicht eingebracht wird. Die Zwischenschicht ermöglicht in einem gewissen Maße eine Entwindung der Schaufelblätter.

Die Zwischenschicht kann aus verschiedenartigen Materialien ausgebildet sein. Denkbar sind Metalle, Kunststoffe oder Fasermaterialien. Besonders bevorzugt wird eine umlaufende oder unterbrochen umlaufende dämpfende Zwischenschicht aus einem elastischen Material, insbesondere aus einem Gummi, zwischen den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter und dem Deckblatt angeordnet. Alternativ zur Ausführung in Form einer umlaufenden Schicht kann die Dämpfungslage auch abschnittsweise aufgebracht werden, beispielsweise mit Abschnitten für jede einzelne Schaufel oder für eine Mehrzahl von Schaufeln. Die Abschnitte können weiterhin so gestaltet werden, dass ein Formschluss mit den Schaufelblattspitzen erreicht wird, beispielsweise in Form von „Schuhen“, in die Enden der Schaufeln eingreifen.

Gemäß dem letzten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch eine Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe für eine Turbine, aufweisend eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Schaufelblätter, wobei an den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter ein geschlossenes Deckband aus einem Faserverbundwerkstoff angeordnet ist, gelöst. Besonders bevorzugt ist an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter jeweils eine Mulde zur Aufnahme des Deckbandes vorgesehen.

Das Deckband der Laufbeschaufelung wurde vorteilhafterweise durch ein Verfahren nach einem der ersten drei Aspekte an den stirnseitigen Enden der Schaufelblätter angebracht.

Die Schaufelblätter sind bevorzugt aus einem Faserverbundwerkstoff und insbesondere aus einem kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff ausgebildet. Auf die stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter der Laufbeschaufelung ist das Deckband aus einem Faserverbundwerkstoff, der insbesondere Fasern aus Kohlenstoff aufweist, angeordnet. An den stirnseitigen freien Enden der Schaufelblätter, den sogenannten Schaufelblattspitzen, die bevorzugt eine Mulde aufweisen, ist das Deckband aus Faserverbundwerkstoff angebracht.

Durch Einsatz von Schaufelblättern aus einem Faserverbundwerkstoff ist das Anbringen eines ebensolchen Deckbandes möglich. Dies hat eine Steigerung des Wirkungsgrades der Stufe einer Turbine, insbesondere eine Dampfturbine, zur Folge. Das
5 Deckband dämpft beim Betrieb der Turbine, d.h. bei einer Drehung des beschaufelten Rotors, auftretende Schwingungen der Laufbeschaufelung. Durch das zusätzlich vorgesehene Deckband können die Schaufelblätter beispielsweise dünner und aerodynamisch optimaler ausgelegt werden, als aus Schwingungsstabi-
10 litätsgründen sonst möglich wäre. Auf zusätzliche Koppellelemente zur Dämpfung kann bei derartigen Laufbeschaufelungen verzichtet werden, was wiederum den Wirkungsgrad der Turbine steigert. Weiterhin wird eine Anregbarkeit von Schwingungen durch die Versteifung der gesamten Laufbeschaufelung und da-
15 mit der Turbinenstufe vermindert.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20

Figur 1 eine Schaufelblattspitze mit Mulde zur Aufnahme eines Deckbandes;

25

Figur 2 eine im Vergleich zu Fig. 1 um 90° gedrehte Schaufelblattspitze ;

Figur 3 eine Schaufelblattspitze mit Deckband und Dichtspitzen;

30

Figur 4 eine im Vergleich zu Fig. 3 um 90° gedrehte Schaufelblattspitze mit Dichtspitzen;

Figur 5 eine Schaufelblattspitze mit schrägem stirnseitigen Ende;

35

Figur 6 eine Schaufelblattspitze mit schrägem stirnseitigen Ende und Deckband mit Dichtspitzen;

Figur 7 eine Draufsicht auf einige Schaufelblätter und ein an den Schaufelblättern angeordnetes Deckband.

Die Fig. 1 zeigt das freie Ende bzw. die Schaufelblattspitze eines Schaufelblattes 3. Das Schaufelblatt 3 weist ein T-förmig ausgebildetes Ende auf. In dieser Darstellung wird das Schaufelblatt 3 quer zur Strömungsrichtung des Dampfes innerhalb einer Turbine betrachtet. Das stirnseitige freie Ende 2 des Schaufelblattes 3 ist in dieser Ausführungsform senkrecht zu der Längsachse 8 des Schaufelblattes 3 angeordnet. An dem stirnseitigen freien Ende 2 weist das Schaufelblatt 3 eine Mulde 4 zur Aufnahme eines nicht dargestellten Deckbandes 1 auf. Die Mulde 4 kann verschiedenartig ausgebildet sein. So kann die Mulde 4 beispielsweise einen geradlinig ausgebildeten Boden und senkrecht zu dem Boden angeordnete Schenkel aufweisen, deren freie Enden durch jeweils eine Kante 6 gebildet werden. Alternativ dazu kann die Mulde 4 gebogene Übergänge zwischen dem Boden und den Schenkel aufweisen, wie in Fig. 1 dargestellt. Der Boden, aber auch die Schenkel der Mulde 4 können aufgerauht sein. Die Fig. 1 zeigt eine Schnittdarstellung A-A durch ein Ende eines Schaufelblattes 3, wie in Fig. 2 dargestellt. D.h., in der Fig. 2 ist eine im Vergleich zu Fig. 1 um 90° gedrehte Schaufelblattspitze eines Schaufelblattes 3 dargestellt.

Die Fig. 3 und 4 entsprechen in ihren Ansichten den Fig. 1 bzw. 2, nur dass an dem stirnseitig freien Ende 2 des Schaufelblattes 3 das Deckband 1 befestigt ist. Das Deckband 1 und die Laufbeschaufelung sind bevorzugt beide aus einem Faser-verbundwerkstoff, der insbesondere Kohlenstofffasern aufweist, ausgebildet. In der Fig. 3 liegt das Deckband 1 in der Mulde 4 ein. Aus dem Deckband 1 ragen die Dichtspitzen 5 heraus. Das Deckband 1 liegt form- und kraftschlüssig in der Mulde 4 ein. Bevorzugt ist das Deckband 1 in der Mulde 4 durch ein Verfahren gemäß des ersten Aspektes der Erfindung erzeugt worden. Das Deckband 1 ist bevorzugt plan mit den Kanten 6 der Mulde 4 ausgebildet. Dies gewährleistet, dass das Deckband 1 durch die Mulde 4, insbesondere durch die

seitlichen Schenkel der Mulde 4 seitlich gehalten wird, wenn die Laufbeschaufelung in Betrieb ist. Lediglich die Dichtspitzen 5 ragen über die Kanten 6 hinaus, siehe auch Fig. 4. Die Dichtspitzen 5 dienen zur Abdichtung zu dem die Laufbeschaufelung umgebenden Stator einer Turbine. Die Dichtspitzen 5 können mehrere Dichtspitzenbänder aufweisen.

In der Fig. 5 ist eine Schaufelblattspitze eines Schaufelblattes 3 ohne Deckband 1 dargestellt. Das stirnseitige Ende 2 des Schaufelblattes 3 ist schräg zur Längsachse des Schaufelblattes 3 angeordnet. Dabei ist das stirnseitige freie Ende 2 des Schaufelblattes 3 zur Dampfströmungsrichtung 7 geneigt. An dem schräg verlaufenden stirnseitigen freien Ende 2 des Schaufelblattes 3 ist bevorzugt ein Deckband 1, wie in Fig. 6 dargestellt, kraftschlüssig oder stoffschlüssig befestigt. An ein Schaufelblatt 3, wie in Fig. 5 dargestellt, wird vorteilhafterweise ein vorgefertigtes Deckband 1 aufgebracht. Dies kann beispielsweise durch Aufschrupfen oder Aufkleben des Deckbandes 1 erfolgen. Das vorgefertigte Deckband 1 weist bevorzugt eine Seitenfläche auf, die der Neigung des stirnseitigen freien Endes 2 des Schaufelblattes 3 entspricht.

Zwischen dem stirnseitigen freien Ende 2 des Schaufelblattes 3 und dem aufzubringenden Deckband 1 kann eine gut dämpfende Zwischenschicht, die sogenannte Dämpferschicht, eingebracht werden. Diese ist bevorzugt aus einem Gummi ausgebildet.

Die Dichtspitzen 5 können in die Mulde 4 gemäß Fig. 1 eingelegt sein oder beim Infiltrationsprozess des Matrixwerkstoffes in ein in die Mulde 4 aufgewickeltes Band aus einem Faserwerkstoff erzeugt werden. Alternativ können die Dichtspitzen 5 im fertigen Deckband bereits vorgefertigt sein. Die Dichtspitzen 5 sind dabei aus Kunststoff, Harz, CFK, Thermoplast oder einem anderen günstigen Material ausgebildet. Die Dichtspitzen 5 werden im Nachhinein und nach eventuellem Temperprozess zur Maßhaltigkeit überdreht. Es ist auch möglich, die Dichtspitzen 5 so auszuführen, dass sich durch kurzzeitiges Berühren mit dem

Stator das Spiel selbstständig einstellt. Andererseits ist es auch möglich Stahl-Dichtspitzen 5 in das Deckband 1 einzusetzen.

- 5 In der Fig. 7 ist eine Draufsicht auf vier Schaufelblätter 3 und ein an den Schaufelblättern 3 angeordnetes Deckband 1 dargestellt. Das Deckband 1 liegt an den freien Enden der Schaufelblätter 3 an. Die Breite des Deckbandes 1 kann variieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anbringen bzw. Herstellen eines geschlossenen Deckbandes (1) an die/den stirnseitigen freien
5 Enden (2) von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern (3) einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine, dadurch gekennzeichnet, dass ein Band aus einem Faserwerkstoff auf die stirnseitigen freien Enden (2) der Schaufelblätter (3) gewickelt wird, dass ein Matrixwerkstoff
10 in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes infiltriert wird und der entstehende Faserverbundwerkstoff ausgehärtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
15 das Band aus Kohlenstofffasern ausgebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Matrixwerkstoff ein Kunststoff, insbesondere ein Harz, in den Faserwerkstoff des aufgewickelten Bandes
20 infiltriert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Matrixwerkstoff durch Unterdruck in den Faserwerkstoff infiltriert wird.
25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufelblätter (3) an ihren stirnseitigen freien Enden (2) jeweils eine Mulde (4) aufweisen, in die das Faserwerkstoffband beim Aufwickeln
30 eingelegt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aufwickeln des Faserwerkstoffbandes in die Mulden (4) der Schaufelblätter (3) das Faserwerkstoffband mit einer
35 Folie luftdicht abgedeckt wird, dass ein Unterdruck in dem abgedeckten Bereich erzeugt wird und dass nach dem Erreichen eines bestimmaren Unterdrucks der Matrixwerkstoff in den mit

Unterdruck beaufschlagten Bereich zur Infiltration in den Faserwerkstoff eingebracht wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Faserwerkstoffband bereits beim Aufwickeln auf die stirnseitigen freien Enden (2) der Schaufelblätter (3) mit dem Matrixwerkstoff versehen ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass an dem entstandenen Deckband (1) aus Faserverbundwerkstoff Dichtspitzen (5) befestigt oder dass während des Infiltrierens des Matrixwerkstoffes in den Faserwerkstoff Dichtspitzen (5) eingebracht oder erzeugt werden.

9. Verfahren zum Anbringen/Herstellen eines geschlossenen Deckbandes (1) an die/den stirnseitigen freien Enden (2) von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern (3) einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine, dadurch gekennzeichnet, dass ein geschlossener Ring aus einem Faserverbundwerkstoff durch einen Aufschrumpfprozess auf die stirnseitigen Enden (2) der Turbinenschaufelblätter (3) angebracht wird.

10. Verfahren zum Anbringen/Herstellen eines geschlossenen Deckbandes (1) an die/den stirnseitigen freien Enden (2) von nebeneinander angeordneten Schaufelblättern (3) einer Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe einer Turbine, dadurch gekennzeichnet, dass ein geschlossener Ring aus einem Faserverbundwerkstoff auf die stirnseitigen Enden (2) der Schaufelblätter (3) aufgeklebt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossene Ring auf geneigt zu der Drehachse der Laufbeschaufelung verlaufende stirnseitige freie Enden der Schaufelblätter angeordnet wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossene Ring Dichtspitzen (5) aufweist.

5 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtspitzen (5) aus Kunststoff, insbesondere aus einem Harz, oder aus Metall ausgebildet sind.

10 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtspitzen (5) zur Maßhaltigkeit überdreht werden.

15 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtspitzen (5) nach einem Temperprozess zur Maßhaltigkeit überdreht werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Spiel der Dichtspitzen (5) zu einem die Laufbeschaufelung umgebenden Stator durch Materialabrieb am Stator und/oder an den Dichtspitzen (5) eingestellt wird.

20

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen des Faserwerkstoffbandes bzw. des geschlossenen Ringes auf die stirnseitigen Enden (2) der Schaufelblätter (3) eine umlaufende oder unterbrochen umlaufende dämpfende Zwischenschicht an den stirnseitigen Enden (2) der Schaufelblätter (3) angebracht wird.

25

30 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die umlaufende oder unterbrochen umlaufende dämpfende Zwischenschicht aus einem elastischen Material, insbesondere aus einem Gummi, ausgebildet ist.

35 19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufelblätter (3) aus einem Faserverbundwerkstoff ausgebildet sind.

20. Laufbeschaufelung einer Turbinenstufe für eine Turbine, aufweisend eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Schaufelblätter (3), dadurch gekennzeichnet, dass an den stirnseitigen freien Enden (2) der Schaufelblätter (3) ein geschlossenes Deckband (1) aus einem Faserverbundwerkstoff angeordnet ist.

21. Laufbeschaufelung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass an den stirnseitigen Enden (2) der Schaufelblätter (3) jeweils eine Mulde (4) zur Aufnahme des Deckbandes (1) vorgesehen ist.

22. Laufbeschaufelung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Deckband (1) durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 an den stirnseitigen Enden (2) der Schaufelblätter (3) angebracht wurde.

23. Laufbeschaufelung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass wobei die Schaufelblätter (3) aus einem Faserverbundwerkstoff ausgebildet sind.

FIG 1

A-A

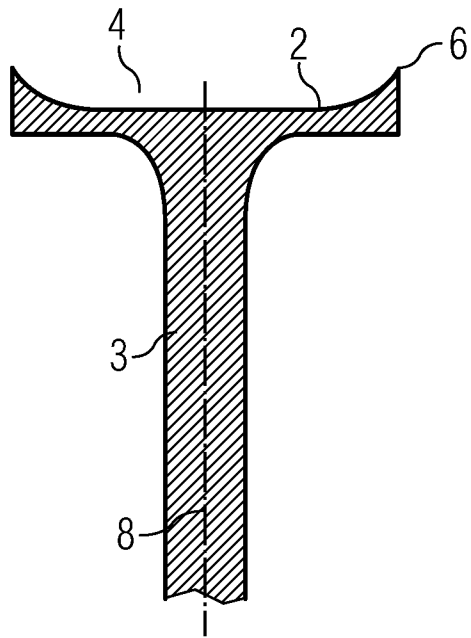


FIG 2

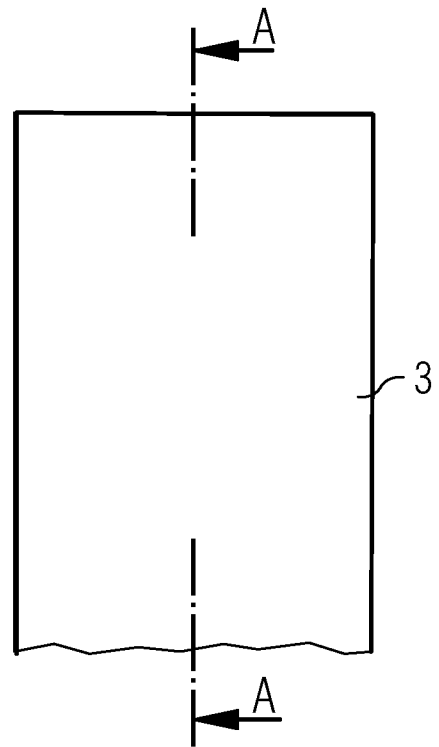


FIG 3

A-A

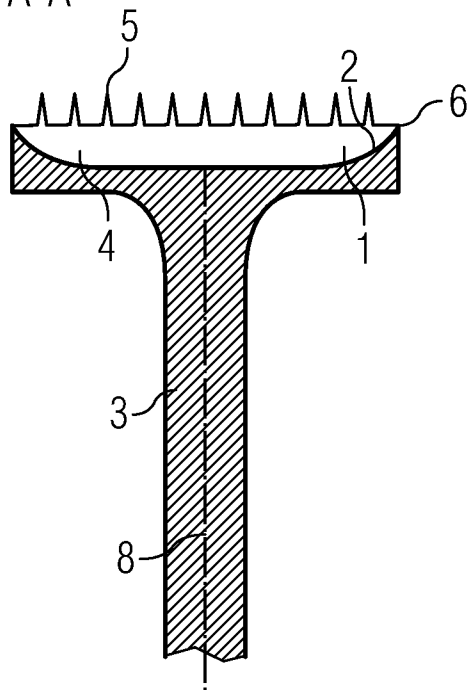


FIG 4

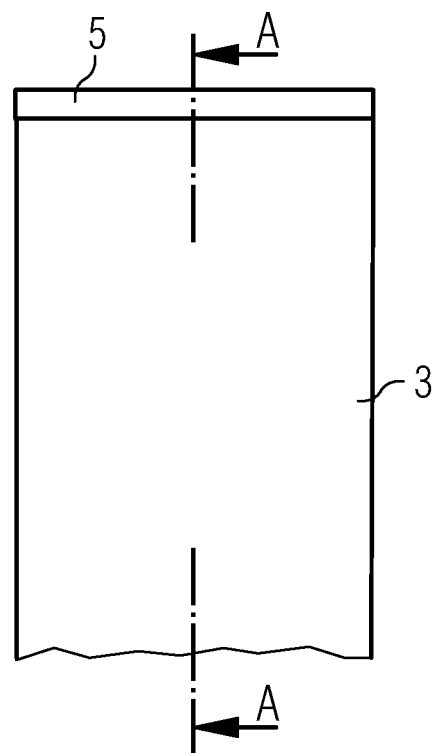


FIG 5

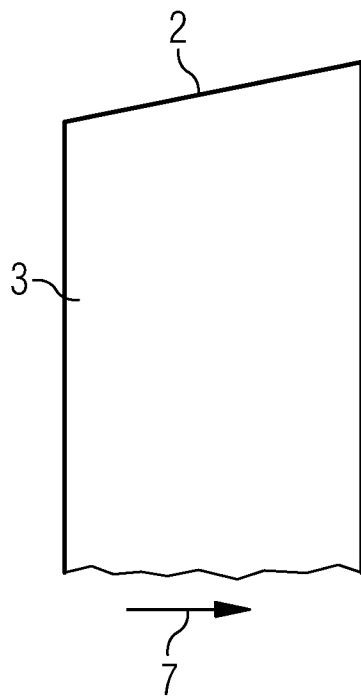


FIG 6

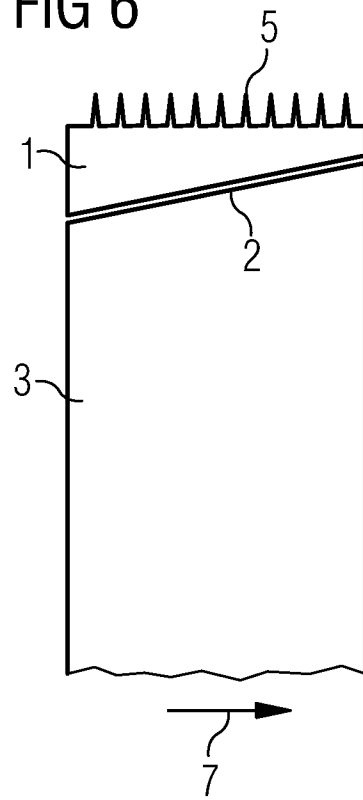


FIG 7

