



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH

698 043 B1

(51) Int. Cl.: F01D 5/22 (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01648/08

(22) Anmeldedatum: 20.10.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.05.2009

(30) Priorität: 08.11.2007 US 11/936,920

(24) Patent erteilt: 15.11.2013

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.11.2013

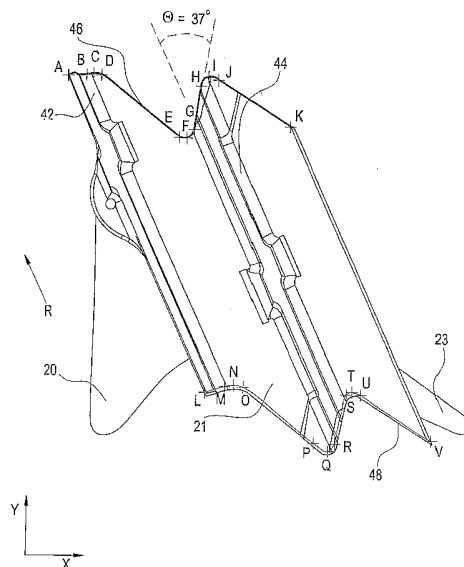
(73) Inhaber:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Robert Alan Brittingham,  
Piedmont, South Carolina 29673 (US)  
Asif Iqbal Asari, Amlideh, Post Office -  
Ravingram, Raipur (Chattisingarh) 492006 (IN)

(74) Vertreter:  
Ritscher & Partner AG, Resirain 1  
8125 Zollikerberg (CH)

(54) **Schaufelend-Deckbandsegment für eine Turbinenschaufel und Turbine.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Schaufelend-Deckbandsegment (21) für eine Turbinenschaufel (20), das einen Vorderrand und einen Folgerand besitzt, wobei der Vorderrand und der Folgerand ein Z-Nut-Profil entsprechend konkreten Koordinatenwerten für X, Y und Z in einem kartesischen Koordinatensystem aufweisen, wobei das Z-Nut-Profil definiert ist, wenn die X- und Y-Werte jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind. Des Weiteren ist die Erfindung auf Turbinen mit Turbinenschaufeln umfassend die erfindungsgemässen Schaufelend-Deckbandsegmente gerichtet.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft Gasturbinen und insbesondere ein Deckbandsegment am Ende einer Turbinenschaufel.

[0002] Gasturbinen haben viele bewegte Teile, die beim Betrieb der Gasturbine hohen Belastungen ausgesetzt sind, weil Gasturbinen zur Gewinnung von Energie aus dem aus einer Brennkammer austretenden heissen Gas verwendet werden. Um diese Energie zu gewinnen, sind mehrere Laufschaufeln in einer Reihe von Stufen angeordnet. Jede dieser Schaufeln hat verschiedene Teile, z.B. einen Flügelteil (als Energieabsorbierende Fläche), einen Fuss (zur Verankerung der Schaufel an einem Schaft) und ein Deckbandsegment (das die Schaufel während des Betriebs führt).

[0003] Jede Schaufel ist extremen Temperaturen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Diese Faktoren wirken auf die ganze Schaufel. Vom Gesichtspunkt der Wartung und Langlebigkeit ist dies problematisch. Beispielsweise können durch Wärmeausdehnung besondere Spannungen an den an den Schaufelenden angebrachten Deckbandsegmenten auftreten, wo die benachbarten Schaufelenden einander berühren.

[0004] Es besteht daher Bedarf an einer verbesserten Konstruktion der Deckbandsegmente. Die Konstruktion sollte insbesondere eine Verminderung der Beanspruchung bewirken und damit zu einer verbesserten Leistung und Lebensdauer der Schaufeln beitragen.

[0005] Die Erfindung ermöglicht es, diesen Bedarf zu erfüllen und betrifft ein Deckbandsegment mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Deckbandsegments haben die in den Patentansprüchen 2 bis 4 angegebenen Merkmale.

[0006] Weiter betrifft die Erfindung eine Turbine mit den im Patentanspruch 5 angegebenen Merkmalen. Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Druckbandsegments haben die in den Patentansprüchen 6 bis 8 angegebenen Merkmale.

[0007] Die Turbinenschaufel der erfindungsgemässen Turbine hat an ihrem Ende ein Deckbandsegment, das einen Vorderrand und einen Folgerand besitzt. Vorderrand und Folgerand eines Deckblattsegments besitzen ein Z-Nut-Profil entsprechend den in der nachfolgend angegebenen Tabelle I zusammengestellten Koordinatenwerten für X, Y und Z in einem kartesischen Koordinatensystem, wobei die Koordinatenwerte Dimensionswerte sind, die einen Abstand von einem Nullpunkt eines inneren Koordinatensystems der Turbinenschaufel darstellen, wobei dann, wenn die X- und Y-Werte jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind, das Z-Nut-Profil definiert ist.

[0008] Die erfindungsgemässe Turbine hat ein Turbinenrad mit mehreren Schaufeln, wobei jede Schaufel an ihrem axialen Aussenende ein Deckbandsegment besitzt, das einen Vorderrand und einen Folgerand besitzt, wobei Vorderrand und Folgerand ein Z-Nut-Profil gemäss den in Tabelle I angegebenen Werten von X, Y und Z im kartesischen Koordinatensystem aufweisen, wobei die Koordinatenwerte Dimensionswerte sind, die einen Abstand von einem Nullpunkt eines inneren Koordinatensystems der Schaufel darstellen und wobei dann, wenn X und Y jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind, das Z-Nut-Profil definiert ist.

[0009] Gemäss einer weiteren Ausführungsform umfasst die Erfindung eine Turbine mit einem Turbinenrad, das mehrere Schaufeln aufweist, wobei jede Schaufel an ihrem axialen Ende ein Deckbandsegment mit einem Vorderrand und einem Folgerand besitzt, wobei der Vorderrand und der Folgerand ein Z-Nut-Profil gemäss einem aufskalierten (vergrösserten) und abskalierten (verkleinerten) kartesischen Koordinatenwert gemäss Tabelle I für X, Y und Z aufweisen, wobei die Koordinatenwerte Dimensionswerte sind, die einen Abstand von einem Nullpunkt eines inneren Koordinatensystems der Schaufel darstellen und wobei dann, wenn X- und Y-Werte jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind, das Z-Nut-Profil definiert ist.

[0010] In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel von Teilen einer Gasturbine;

Fig. 2 eine Schaufel für die zweite Turbinenstufe; und

Fig. 3 einen Endmantel mit Z-Nut.

[0011] Nachfolgend wird die Konstruktion des Deckbands einer Turbinenschaufel gezeigt. Die als «Z-Nut» bezeichnete Anordnung bewirkt eine gegenseitige Sperrung benachbarter Schaufel während des Betriebs, was eine Führung der benachbarten Schaufeln ergibt und die Spannungsbeanspruchung vermindert. Die Z-Nut-Konstruktion kann als ein Z-förmiges Profil besitzend bezeichnet werden. Das Z-förmige Nut-Profil bietet unter anderem eine verbesserte Kontaktwechselwirkung zwischen den Turbinenschaufeln einer Hochdruckturbine, eine verbesserte mechanische Schaufelbelastung während des Turbinenbetriebs, eine verbesserte Massenverteilung im Deckbandsegment und eine verbesserte Kontrolle allfälliger Spalte zwischen benachbarten Deckbandsegmenten im Bereich der Z-Nut. Vor einer ausführlicheren Erläuterung sind einige Definitionen erforderlich.

[0012] Die Bezeichnungen «axial» und «radial» beziehen sich auf die Achse der Turbine.

**[0013]** Der Ausdruck «Gasturbine» bezieht sich auf eine kontinuierliche Verbrennungsmaschine. Gemäss einem Ausführungsbeispiel umfasst die Gasturbine allgemein einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine. Während des Betriebs werden aus der Brennkammer heisse Gase abgegeben, die zur Turbine strömen. Die Bezeichnung «Schaufel» oder Laufschaufel bezieht sich auf einen Turbinenflügel. Jede Schaufel hat im Allgemeinen eine Flügelform, um die auf die Schaufel auftreffenden heissen Gase in Rotationsarbeit umzuwandeln. Die Bezeichnung «Turbinenstufe» bezieht sich auf eine Mehrzahl von Schaufeln, die peripher um einen Bereich der Welle der Turbine angeordnet sind. Die Schaufeln der Turbinenstufe sind in einem kreisförmigen Muster um die Welle angeordnet.

**[0014]** In Fig. 1 ist der Heissgaspfad 10 einer Gasturbine 12 dargestellt, die mehrere Turbinenstufen besitzt. In diesem Beispiel sind drei Stufen dargestellt. Die erste Stufe besitzt mehrere peripher voneinander beabstandete Stand- oder Leitschaufeln 14 und Laufschaufeln 16. Die Standschaufeln 14 sind peripher voneinander beabstandet und rings um die Rotorachse fest stehend angeordnet. Die Laufschaufeln 16 der ersten Stufe sind auf der nicht dargestellten Rotorwelle der Turbine befestigt. Ferner ist eine zweite Stufe der Turbine 12 dargestellt, die mehrere peripher voneinander beabstandete Standschaufeln 18 und mehrere peripher voneinander beabstandete Laufschaufeln 20 besitzt, die auf dem Rotor befestigt sind. Ferner ist die dritte Stufe mit mehreren peripher voneinander beabstandeten Standschaufeln 22 und auf dem Rotor befestigten Laufschaufeln 24 dargestellt. Es versteht sich, dass die Standschaufeln und die Laufschaufeln im Heissgaspfad 10 der Turbine 12 liegen, wobei die Richtung der Strömung der heissen Gase durch den Heissgaspfad 10 durch den Pfeil 26 angedeutet ist.

**[0015]** Gemäss Fig. 2 hat jede Laufschaufel 20 der zweiten Stufe einen Fuss 28 (als 30 in Fig. 1 bezeichnet), einen (nicht dargestellten) Schaft und einen Schwalbenschwanz 40 zur Verbindung mit einem komplementär geformten, passenden und Teil des Rotors bildenden Schwalbenschwanz (nicht dargestellt). Jede der Laufschaufeln 20 der zweiten Stufe besitzt einen Flügel 23 (Fig. 2), der an jedem Querschnittsbereich längs des Flügels 23 vom Fuss 28 bis zum Schaufelende 29 ein Flügelprofil besitzt.

**[0016]** Jede Laufschaufel 20 der zweiten Stufe hat ferner ein Deckbandsegment 21 (Fig. 2). Das Deckbandsegment 21 ist vorzugsweise integral mit der Schaufel 20 verbunden und jedes Deckbandsegment 21 greift an entgegengesetzten Enden in die Deckbandsegmente der benachbarten Schaufeln 20, so dass ein allgemein ringförmiges Gebilde, nämlich das Deckband, gebildet wird, das den Heissgaspfad im Bereich der Laufschaufeln der zweiten Stufe umgibt. Wie in Fig. 2 dargestellt, besitzt das Deckbandsegment 21 der Laufschaufel 20 der zweiten Stufe längs der radialen Aussenfläche mindestens eine (z.B. ein Paar) axial beabstandete Dichtung(en) 42 bzw. 44. Die Dichtungen 42 und 44 bilden ein Paar axial beabstandeter kontinuierlicher Dichtungsringe, um das Deckbandsegment 21 gegenüber dem statischen Deckbandsegment 45 (Fig. 1), das am Turbinengehäuse befestigt ist, abzudichten. Aus der Darstellung in Fig. 3 ist zu ersehen, dass das Deckbandsegment 21 einen geförmten Vorderrand 46 und einen Folgerand 48 besitzt. Der Vorderrand 46 und der Folgerand 48 liegen auf entgegengesetzten, axial einander gegenüberliegenden Seiten des Deckbandsegments 21 im Heissgaspfad 10. In Fig. 3 ist ferner eine Anzahl von als A bis V bezeichneten Punkten dargestellt. Die Punkte A bis einschliesslich K liegen relativ zu einer allgemeinen Rotationsrichtung R des Rotors längs des Vorderrandes 46, während die Punkte L bis einschliesslich V längs des Folgerandes 48 des Deckbandsegmentes 21 liegen.

**[0017]** Um die Form des Vorderrandes 46 und des Folgerandes 48 zu definieren (d.h. die von diesen Rändern gebildeten Profile), wird ein spezielles Set von geometrischen Orten oder Raumpunkten vorgegeben. In einem kartesischen Koordinatensystem mit X-, Y- und Z-Achsen definieren die in der folgenden Tabelle I angegebenen X- und Y-Werte das Profil des Vorderrandes 46 und des Folgerandes 48 an verschiedenen Stellen längs des Profils. Das Koordinatensystem ist als ein inneres Koordinatensystem für die Laufschaufel vorgegeben. Demzufolge können bestimmte Aspekte der Schaufel 20 abgeändert werden (wie etwa die Abmessungen des Schwalbenschwanzes 40), ohne dass dies einen Einfluss auf die Koordinaten hat, welche den speziellen Satz oder die geometrischen Stellen der Punkte definieren.

**[0018]** Im vorliegenden Beispiel ist das Koordinatensystem relativ zum Flügel 23 gesetzt und wird vollständig durch die Punkte X, Y und Z definiert. Beide Punkte X und Y sind 1006 mm (39.600 Zoll) oberhalb der Mittellinie des kalten Rotors angeordnet. Der Punkt X liegt an der Schnittstelle der mittleren Kammlinie des Flügels und dem Vorderrand der Flügelfläche. Der Punkt Y liegt an der Schnittstelle der mittleren Kammlinie des Flügels und dem hinteren Rand der Flügelfläche. Der Punkt Z befindet sich 1266.5 mm (49.862 Zoll) oberhalb der Mittellinie des kalten Rotors und liegt an der Schnittstelle der mittleren Kammlinie des Flügels und dem hinteren Rand der Flügelfläche. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt bei Punkt X. Die Punkte X und Y definieren die positive X-Achse. Die Punkte X, Y und Z definieren die positive X-Z-Ebene. Die Y-Achse ist demzufolge durch die Rechtehand-Regel definiert.

**[0019]** Die Werte für die X-, Y- und Z-Koordinaten sind in Tabelle I in Einheiten von 25.4 mm (1 Zoll) angegeben, obwohl auch andere Dimensionseinheiten verwendet werden können, wenn die Werte entsprechend konvertiert werden. Durch Definition der X- und Y-Koordinatenwerte an ausgewählten Orten relativ zum Ursprung der X-, Y- und Z-Achsen kann die Position der als A bis einschliesslich V bezeichneten Punkte festgelegt werden. Durch Verbinden der X-, Y- und Z-Werte durch stetige zusammenhängende Linien bzw. Bögen längs des Vorderrandes 46 und des Folgerandes 48 kann jedes Randprofil festgelegt werden.

**[0020]** Es versteht sich, dass diese Werte die Vorderrand- und die Folgerandprofile bei Umgebungsbedingungen im abgeschalteten oder nicht heissen Zustand (d.h. in kaltem Zustand) darstellen. Das Deckbandsegment 21 hat einen Vorderrand 46, der ein Vorderrandprofil im Wesentlichen in Übereinstimmung mit den kartesischen Koordinatenwerten von

X und Y an den in Tabelle I angegebenen Referenzpunkten A bis einschliesslich K, wobei die X- und Y-Werte Abstände in Einheiten von 25.4 mm (1 Zoll) vom Ursprung darstellt. Wenn die Punkte A bis einschliesslich K durch stetige fortlaufende Linien verbunden werden, definieren die Punkte A bis einschliesslich K das Vorderrandprofil des Deckbandsegmentes. In ähnlicher Weise hat das Deckbandsegment 21 einen Folgerand 48, der ein Folgerandprofil im Wesentlichen in Übereinstimmung mit den kartesischen Koordinatenwerten für X und Y an den in Tabelle I angegebenen Punkten L bis einschliesslich V bestimmen, worin X und Y die Abstände in Einheiten von 25.4 mm (1 Zoll) vom gleichen Ursprung sind. Wenn die Punkte L bis einschliesslich V durch stetige zusammenhängende Linien verbunden werden, definieren die Punkte L bis einschliesslich V das Folgerandprofil des Deckbandsegmentes. Durch die Festlegung des Profils sowohl für den Vorderrand 46 als auch für den Folgerand 48 in einem X-, Y-Koordinatensystem mit gemeinsamem Ursprung ist die Form des Deckbandsegmentes 21 längs des Vorderrandes 46 und des Folgerandes 48 bestimmt.

**[0021]** Aus Gründen der Einfachheit werden die hier beschriebenen Profile gemeinsam als «Z-Nut»-Profil bezeichnet. Die Konstruktion der Z-Nut vermindert allgemein die Beanspruchung des Deckbandsegmentes 21 und der Schaufel 20. Das Z-Nut-Profil hat Wirkung auf die primären Ausfallarten, die durch Belastung der Deckbandsegmente 21 verursacht sind. Die erste Ausfallart (ohne besondere Bedeutung der Reihenfolge) wird als LCF (Low Cycle Fatigue) oder als Ermüdungsbruch bezeichnet. Die zweite Ausfallart ist Versagen wegen mangelnder Kriechfestigkeit, was sich durch Risse oder erhöhte Spannungen und lokale Verformungen im beanspruchten Bereich äussert. Beispielsweise könnte der beanspruchte Bereich der Kehlbereich der Z-Nut oder der das Deckbandsegment 21 mit dem Flügel 23 verbindende Kehlbereich sein. Eine dritte Ausfallart ist der HCF-Ausfall (High Cycle Fatigue), der durch Wechselbelastung in Verbindung mit Durchschnittsbelastung verursacht wird, was zu Rissbildungen und zum Ausfall des entsprechenden Teiles führt. Wechselbeanspruchung wird im Allgemeinen durch Vibration verursacht, wohingegen die Durchschnittsbelastung durch mechanische und thermische Einwirkungen verursacht wird.

**[0022]** Das hier beschriebene Z-Nut-Profil kann für Schaufeln 20 verschiedener Stufen der Turbine 12 verwendet werden. Beim vorliegenden Beispiel ist das Deckbandsegment 21 einschliesslich der Z-Nut-Konstruktion Teil einer Laufschaufel 20 der zweiten Stufe. Das Z-Nut-Profil kann jedoch mit Vorteil auch für andere Stufen verwendet werden.

**[0023]** Das Z-Nut-Profil zielt auf die Beschränkungen bekannter Konstruktionen (d.h. hohe Beanspruchung im nahen Kontaktbereich der Kehlungen). Ausserdem bietet die Z-Nut-Konstruktion eine ausreichende aeromechanische Dämpfung und eine verbesserte Massenverteilung mit positiver Wirkung auf LCF- und Kriechfestigkeitsdauer des Deckbandsegmentes 21 und der Laufschaufel 20. Es versteht sich, dass die resultierende verbesserte Massenverteilung ausserdem vorteilhafte Wirkungen auf die Verminderung der Beanspruchung des Flügelbereichs 23 und des Kehlungsbereichs zwischen dem Flügel 23 und dem Schaufelfuss hat.

**[0024]** Das Z-Nut-Profil kann entsprechend den Anforderungen angepasst werden. Beispielsweise kann das Z-Nut-Profil so ausgebildet sein, dass es für ein bestimmtes Mass des Verkantens oder der Neigung im Flügel 23 relativ zur Plattform 28 positiv wirkt. Demzufolge können bestimmte statistische Analysen und andere Modellierungsmethoden verwendet werden. Nachfolgend werden Beispiele für die Parameter der Z-Kerben-Konstruktion gegeben. Gemäss einer Ausführungsform besitzt das Z-Nut-Profil eine Stirnfläche, die eine Hartfläche besitzt, wobei die Hartfläche in einem Winkel ( $\Theta$ ) von etwa 37° angeordnet ist. In einer Ausführungsform beträgt der Kehlungsradius der Z-Nut etwa 2,29 mm (0.090 Zoll). Bei dieser Ausführungsform verteilt der Kehlungsradius die lokalen Spannungen und verbessert die Spannungsverteilung. Das Seitenflächenprofil wird so gewählt, dass es der Z-Kerben-Konstruktion die nötige Flexibilität verleiht und die Masse jedes Deckbandsegmentes 21 zweckmässig verteilt. Bei dieser Ausführungsform verbessert ein resultierendes Z-Nut-Profil auch die Spannungsverteilung, vermindert die Gefahr von Schuppenbildung und verlängert die Gebrauchsdauer des Deckbandsegmentes 21.

**Tabelle I Punkte für Z-Nut-Profil**

**[0025]**

Pkt. Nr.	X	Y	Z
A	-0.324	3.396	11.103
B	-0.158	3.449	11.103
C	-0.039	3.457	11.103
D	0.071	3.409	11.103
E	0.794	2.852	11.103
F	0.880	2.839	11.103
G	0.937	2.906	11.103
H	1.028	3.358	11.103

## CH 698 043 B1

Pkt. Nr.	X	Y	Z
I	1.080	3.423	11.103
J	1.163	3.418	11.103
K	1.954	2.937	11.103
L	1.125	0.318	11.567
M	1.329	0.381	11.567
N	1.448	0.388	11.567
O	1.556	0.340	11.567
P	2.282	-0.222	11.567
Q	2.369	-0.235	11.567
R	2.426	-0.169	11.567
S	2.515	0.270	11.567
T	2.568	0.335	11.567
U	2.651	0.329	11.567
V	3.395	-0.128	11.567

**[0026]** Allgemein wird das Z-Nut-Profil in zwei Dimensionen (2D) beschrieben. In diesem Beispiel wird die Z-Koordinate so gelegt, dass eine zweidimensionale Kurve in einem dreidimensionalen Raum (wie in Fig. 2 angedeutet) liegt. Die Kurve wird zur Erzeugung einer flachen Oberfläche längs eines Vektors extrudiert.

**[0027]** Bei einigen Ausführungsformen beträgt die Toleranz für irgendeinen der Punkte etwa  $\pm 0.38$  mm (0.015 Zoll) um das Nominalprofil von Tabelle I in jeder oder mehreren der X-, Y- und Z-Richtungen.

**[0028]** Es versteht sich, dass die hier angegebenen Dimensionen lediglich der Erläuterung und nicht der Beschränkung dienen. Vielmehr können auch andere Ausführungsformen realisiert werden. Beispiele sind unter anderen proportional bemessene (vergrösserte oder verkleinerte) oder mit anderen Dimensionen oder in anderen Grössen (wie durch mehrere Modelle bestimmt) erstellte Ausführungsformen.

**[0029]** Das Z-Nut-Profil für Schaufeln mit Deckbandsegmenten hat verschiedene Vorteile, u.a. die folgenden: bessere Kontrolle der Massenverteilung in und um die Z-Kerbe, was zu geringeren Belastungen und einer erhöhten Betriebsdauer der Schaufel führt, eine glatte Führung der Turbinenschaufeln während des Betriebs und verminderte Gefahr der Schuppenbildung und dementsprechende Verminderung von Ausfällen.

**[0030]** Für den Fachmann ergeben sich aus der obigen Beschreibung und den Zeichnungen im Rahmen der Ansprüche weitere Änderungen.

### Patentansprüche

1. Schaufelend-Deckbandsegment (21) für eine Turbinenschaufel (20), das einen Vorderrand und einen Folgerand besitzt, wobei der Vorderrand und der Folgerand ein Z-Nut-Profil entsprechend den in Tabelle I angegebenen Koordinatenwerten für X, Y und Z in einem kartesischen Koordinatensystem aufweisen, wobei die Koordinatenwerte Dimensionswerte sind, die einen Abstand von einem Nullpunkt eines inneren Koordinatensystems der Turbinenschaufel (20) darstellen, und worin dann, wenn die X- und Y-Werte jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind, das Z-Nut-Profil definiert ist, bei dem die Toleranz irgendeiner der Koordinatenwerte in einer oder mehreren der X-, Y- und Z-Richtungen  $\pm 0,38$  mm, 0.015 Zoll, beträgt.
2. Schaufelend-Deckbandsegment (21) nach Anspruch 1 mit einer Stirnfläche, die eine Hartfläche besitzt, wobei die Hartfläche in einem Winkel  $\Theta$  von etwa  $37^\circ$  relativ zu einer allgemeinen Rotationsrichtung R des Rotors der Turbinenschaufel (20) längs des Vorderrandes angeordnet ist.
3. Schaufelend-Deckbandsegment (21) nach Anspruch 1, bei der das Deckbandsegment mindestens eine Dichtung besitzt, die von einer anderen Dichtung in axialer Turbinenrichtung beabstandet ist.
4. Schaufelend-Deckbandsegment (21) nach Anspruch 1, bei welcher der Z-Nut-Kehlradius etwa 2,29 mm, 0.090 Zoll beträgt.

## CH 698 043 B1

5. Turbine (1) mit einem Turbinenrad mit mehreren Schaufeln (20), wobei jede Schaufel (20) ein Deckbandsegment mit einem Vorderrand und einem Folgerand nach Anspruch 1 besitzt.
6. Turbine (1) nach Anspruch 5, bei der die Schaufeln (20) Teil einer zweiten Stufe (7) der Turbine (1) sind.
7. Turbine (1) nach Anspruch 5, bei der bei mindestens einer der Schaufeln (20) eine Stirnfläche aufweist, die eine Hartfläche besitzt, wobei die Hartfläche in einem Winkel  $\Theta$  von etwa  $37^\circ$  relativ zu einer allgemeinen Rotationsrichtung R des Rotors der Turbinenschaufel (20) längs des Vorderrandes angeordnet ist.
8. Turbine (1) mit einem Turbinenrad mit mehreren Schaufeln (20), wobei jede Schaufel (20) ein Deckbandsegment mit einem Vorderrand und einem Folgerand besitzt, wobei der Vorderrand und der Folgerand ein Z-Nut-Profil gemäss einem durch Aufskalieren vergrösserten oder durch Abskalieren verkleinerten kartesischen Koordinatenwert gemäss Tabelle I für X, Y und Z aufweisen, wobei die Z-Werte Dimensionswerte sind, die einen Abstand von einem Nullpunkt eines inneren Koordinatensystem der Schaufel (20) darstellen, und wobei, dann, wenn die X- und Y-Werte jeweils durch eine stetige zusammenhängende Linie verbunden sind, das Z-Nut-Profil definiert ist, bei dem die Toleranz irgendeiner der Koordinatenwerte in einer oder mehreren der X-, Y- und Z-Richtungen  $\pm 0,38$  mm, 0.015 Zoll, beträgt.

FIG. 1

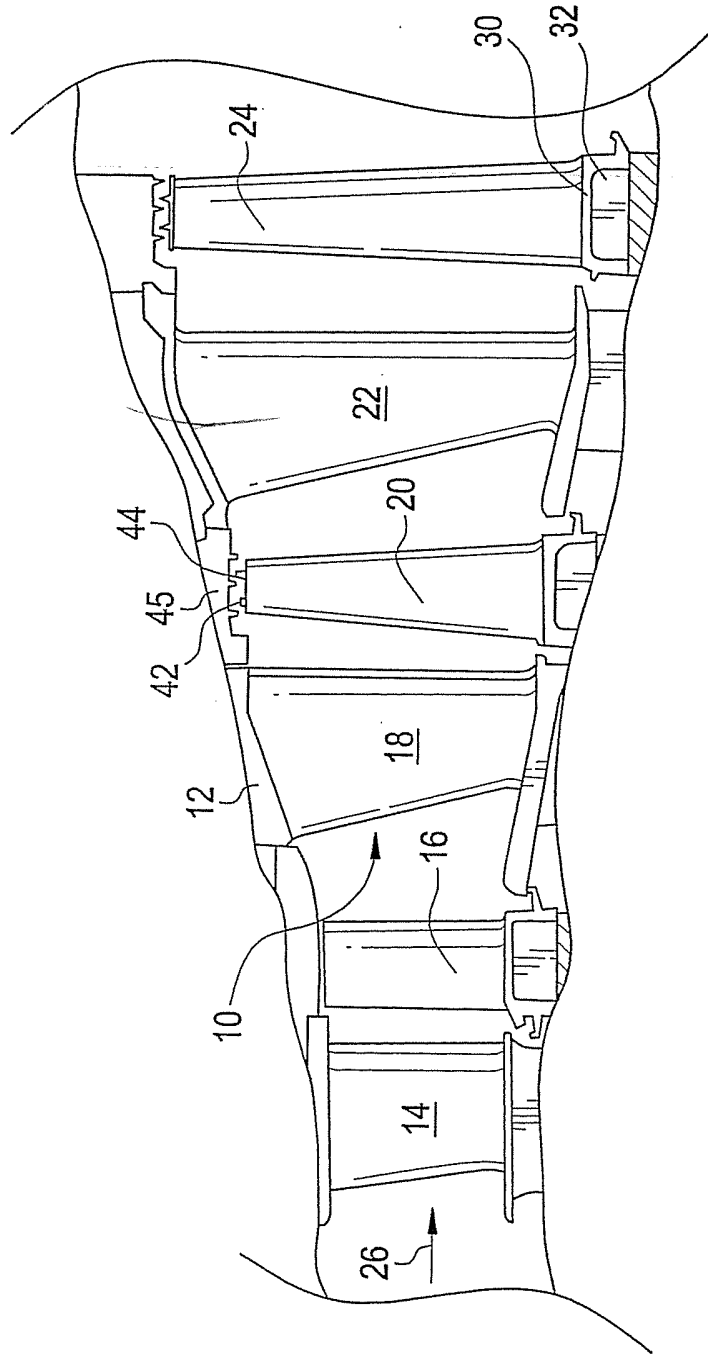


FIG. 2

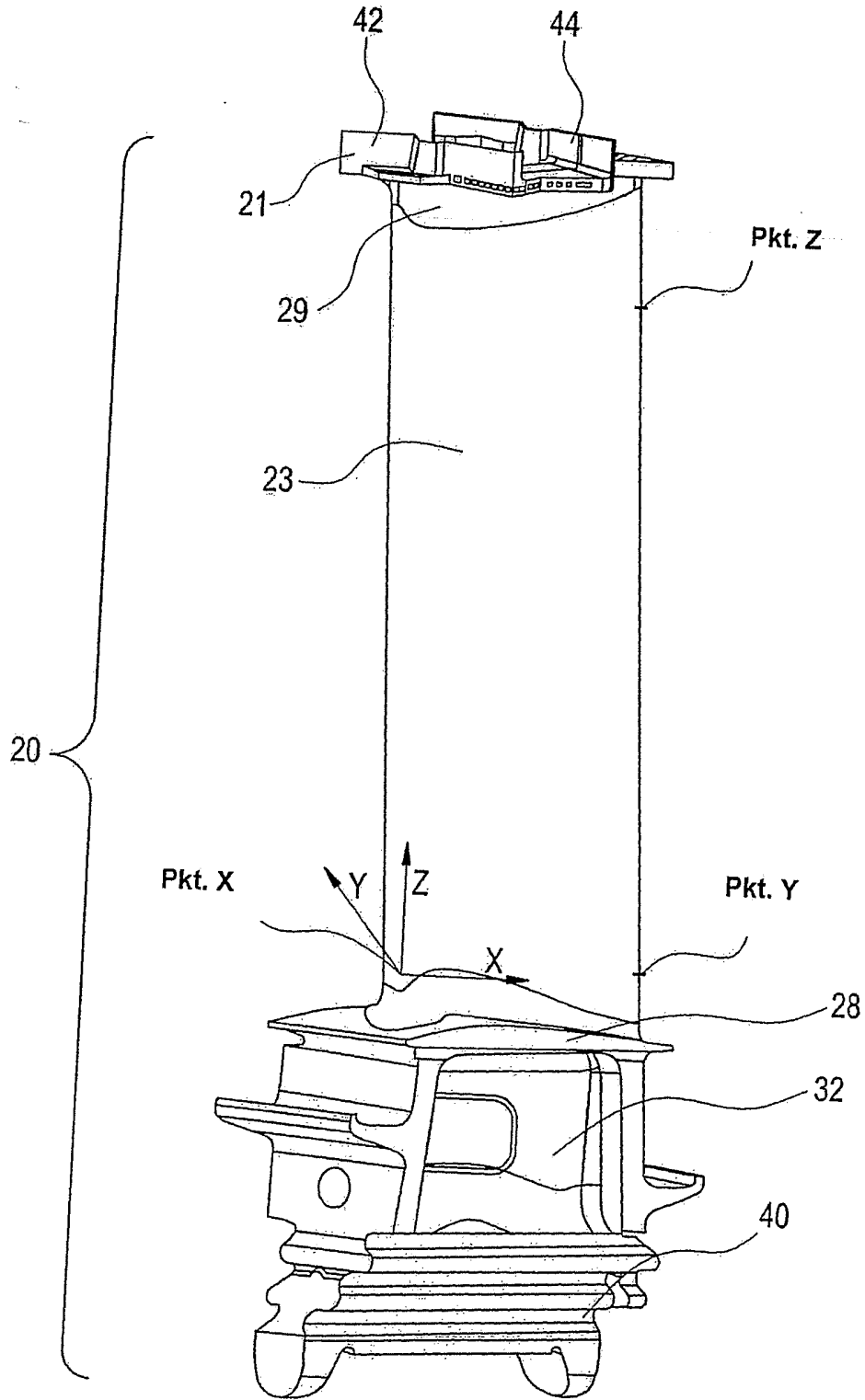


FIG. 3

