



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **703 681 B1**

(51) Int. Cl.: **F01D 5/22** (2006.01)  
**F01D 5/20** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

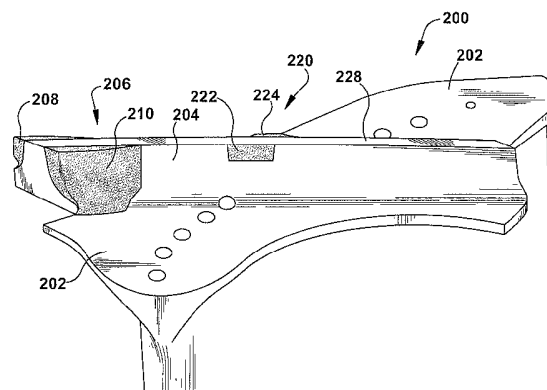
(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer:	00756/08	(73) Inhaber:	General Electric Company, 1 River Road 12345 Schenectady, New York (US)
(22) Anmeldedatum:	20.05.2008	(72) Erfinder:	Daniel Tragesser, Greenville, South Carolina 29607 (US) Ian Reeves, Piedmont, South Carolina 29673 (US) Christopher Thompson, Danvers, Massachusetts 01923 (US) Todd Moran, Simpsonville, South Carolina 29680 (US)
(30) Priorität:	24.05.2007 US 11/805,528	(74) Vertreter:	R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4 8008 Zürich (CH)
(24) Patent erteilt:	15.03.2012		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	15.03.2012		

(54) **Verfahren zum mittigen Anordnen von Fräszähnen an mit Deckband versehenen Turbinenschaufeln.**

(57) Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines mit einem Spitzendeckband versehenen Turbinenblattes (10), das die folgenden Schritte enthält:

- 1) Entfernen von Fräszähnen (206), welche an einem Längsende von einer Dichtungsrippe (204) des Spitzendeckbandes (202) angeordnet sind, und
- 2) Befestigen von Fräszähnen (220) derart, dass sie mittig an der Dichtungsrippe (204) des Spitzendeckbandes (202) angeordnet sind.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines mit einem Spitzendeckband versehenen Turbinenblattes. Es wird ein Verfahren zum Ersetzen von Fräszähnen vorgestellt, die an der Ansaugseite des Spitzendeckbandes angeordnet sind, durch Fräszähne, die in der Mitte des Spitzendeckbandes angeordnet sind.

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine Turbinenanordnung, wie sie etwa zur Stromerzeugung eingesetzt wird, erzeugt in der Regel eine Rotationswellenleistung durch Ausdehnung von heissem Druckgas, das durch Verbrennung von Brennstoff erzeugt wird. Die Schaufeln oder Blätter einer Gasturbine sind allgemein tragflächenförmig ausgebildet, um die thermische und die kinetische Energie der Strömungswegase in mechanische Rotation des Rotors umzuwandeln.

[0003] Die Turbinenschaufeln sind häufig mit Spitzendeckbändern bereitgestellt. Das Spitzendeckband verhindert Störfälle der Tragfläche bei Langzeitermüdung durch Vibrationsbelastungen. Ferner steht eine Spitzendeckbanddichtung von der äussersten Fläche des Deckbandes typischerweise radial nach aussen vor und erstreckt sich umfänglich zwischen den gegenüberliegenden Enden des Deckbandes in der Rotationsrichtung des Turbinenrotors. Die Spitzendeckbanddichtung erstreckt sich üblicherweise in eine Nut, die in einem stationären Deckband ausgebildet ist, das dem rotierenden Spitzendeckband gegenüberliegt. In einigen Konstruktionen ist das stationäre Deckband mit einem wabenförmigen Durchgang ausgestattet. Statt des Bereitstellens einer toleranzfreien Dichtung zwischen dem Spitzendeckband und dem stationären Deckband, was eine Instabilität der Tragfläche bewirkt, ist es wünschenswert, einen Spaltauslauf über der Deckbanddichtung bereitzustellen, der diese Instabilität beseitigt. Typischerweise ist an der Vorderkante (die sogenannte Ansaugseite) ein Fräszahn der Spitzendeckbanddichtung bereitgestellt, um eine Nut in den wabenförmigen Auslauf des stationären Deckbandes zu schneiden, die breiter ist als die Deckbanddichtung. Dadurch ist die Leckageströmung zwischen den Hoch- und Niederdruckbereichen an den gegenüberliegenden Seiten der Spitzendeckbanddichtung in der Nut möglich. Während dieses eine unerwünschte Abnahme des Druckabfalls über der Tragfläche bei gleichzeitiger Verringerung der Dichtungsfähigkeit bewirkt, wird die verlorene Effizienz durch die erhöhte Stabilität der Tragfläche kompensiert.

[0004] Deckbänder unterliegen jedoch einer Kriechschädigung aufgrund der Kombination aus hohen Temperaturen und zentrifugal bedingten Biegebelastungen. Der Ausfall einer einzelnen Schaufel oder eines Blattes kann dazu führen, dass die gesamte Turbine vom Netz genommen wird. Zur Stillstandzeit kommt hinzu, dass eine solche Reparatur einer Schaufel zeitaufwändig und/oder kostspielig ist. Wünschenswert ist daher ein Turbinenblatt, das Temperaturen und Belastungen besser standhält. Ein solches Turbinenblattdeckband muss eine längere Lebensdauer bereitstellen und gleichzeitig die Effizienz der Turbinenanlage insgesamt verbessern.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung beschreibt somit ein Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines Turbinenblattes mit Spitzendeckband, das Folgendes umfasst: 1) Entfernen von Fräszähnen, welche an einem Längsende von einer Dichtungsrippe des Spitzendeckbandes angeordnet sind; und 2) Befestigen von Fräszähnen derart, dass sie mittig an der Dichtungsrippe des Spitzendeckbandes angeordnet sind.

[0006] Weitere Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Beispielsweise können die mittig angeordneten Fräszähne eine allgemein rechteckige Form aufweisen. Nach dem Befestigen kann eine äussere radiale Kante der mittig angeordneten Fräszähne mit einem Aussenradius der Dichtungsrippe ausgerichtet sein. Die mittig angeordneten Fräszähne können sich radial in den Nahbereich des Anfangs einer Dichtungsrippenleiste erstrecken. Die radiale Höhe der mittig angeordneten Fräszähne kann etwa die halbe radiale Höhe der Dichtungsrippe betragen. Die mittig angeordneten Fräszähne erstrecken sich etwa über die halbe Höhe der Dichtungsrippe.

[0008] Das mit einem Spitzendeckband versehene Turbinenblatt kann so ausgelegt sein, dass es mit einem honigwabenförmig ausgebildeten Deckband und einem abreibbaren Deckband zusammenwirkt. Das Turbinenblatt mit dem Spitzendeckband kann so ausgelegt sein, dass es in einer Gasturbine eingesetzt wird.

[0009] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden in der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen im Zusammenhang mit den Zeichnungen und den zugehörigen Ansprüchen deutlich.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010]

Fig. 1 ist die Seitenansicht eines bekannten Turbinenblattes mit einem Spitzendeckband.

Fig. 2 ist die Draufsicht eines bekannten Spitzendeckbandes mit einem Fräszahn an der Saugseite.

Fig. 3 ist die Draufsicht eines Spitzendeckbandes mit mittig angeordneten Fräszähnen.

Fig. 4 ist die Draufsicht eines Turbinenblattes mit Spitzendeckband, die das Ersetzen der ansaugseitigen Fräszähne durch die mittig angeordneten Fräszähne gemäss den beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zeigt.

### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0011] Bezugnehmend auf die Zeichnungen, in denen gleiche Zahlen gleichen Elementen in den verschiedenen Ansichten zugeordnet sind, zeigt Fig. 1 ein typisches mit einem Spitzendeckband versehenes Turbinenblatt 10. Die Turbinenschaufel 10 enthält eine Tragfläche 12. Die Tragfläche 12 ist das bewegliche Element, das die Gasströmung auffängt und wie ein Windmühlenflügel wirkt, um die Energie der Gase in eine tangential Bewegung umzuwandeln. Diese Bewegung wiederum dreht den Rotor, an dem die Schaufeln 10 befestigt sind.

[0012] Ein Spitzendeckband 14 kann an der Oberseite der Tragfläche 12 angeordnet sein. Das Spitzendeckband 14 ist im Wesentlichen eine ebene Platte, die zu ihrem Mittelpunkt hin von der Tragfläche 12 getragen wird. Entlang der Oberseite des Spitzendeckbandes 14 kann eine Dichtungsrippe 16 angeordnet sein. Die Dichtungsrippe 16 verhindert, wie vorhergehend beschrieben, den Durchgang von Strömungsweggasen durch den Zwischenraum zwischen dem Spitzendeckband 14 und der Innenfläche der umlaufenden Elemente.

[0013] Fig. 2 zeigt die Verwendung eines oder mehrerer bekannter Fräszähne 18 auf der Dichtungsrippe 16. Der Fräszahn 18 ist an der Vorderkante oder Saugseite des Spitzendeckbandes 14 angeordnet. Dem Fachmann ist bekannt, dass die Verwendung der Fräszähne 18 ferner das Überlaufen verhindert, indem ein Weg durch die honigwabenförmige oder abreibbare Beschichtung des Deckbandes für die Dichtungsstabilität freigemacht wird. Fig. 2 zeigt, dass es sich bei dem Fräszahn 18 allgemein um einen Bereich mit stärkerer Breite entlang der Dichtungsrippe 16 handelt. Die Verwendung dieser Saugseitenposition jedoch übt, insbesondere unter hohen Turbinentemperaturen, eine unerwünscht hohe Belastung auf das Spitzendeckband 14 aus.

[0014] Fig. 3 zeigt eine Turbinenschaufel 100 mit mittig angeordneten Fräszähnen 104. Wie vorhergehend beschrieben, enthält die Turbinenschaufel 100 eine Tragfläche 110 (gestrichelt in Fig. 3 gezeigt). Die Tragfläche 110 läuft in einem Spitzendeckband 120 aus. Der Übergang von der Tragfläche 110 zum Spitzendeckband 120 kann eine Spitzendeckbandleiste 122 enthalten (ebenfalls gestrichelt in Fig. 3 gezeigt), die die Übergangleiste von der Tragfläche 110 zum Spitzendeckband 120 bildet. Das Spitzendeckband 120 ist auf bekannte Weise ausgeführt. Auf dem Spitzendeckband ist eine Dichtungsrippe 130 angeordnet. Die Dichtungsrippe 130 erstreckt sich über die Länge des Spitzendeckbandes 120.

[0015] Auf der Dichtungsrippe 130 sind die Fräszähne 104 angeordnet. In diesem Beispiel sind die Fräszähne 104 um die Mitte der Dichtungsrippe 130 angeordnet. Ein erster Fräszahn 150 und ein zweiter Fräszahn 160 sind gezeigt. Wie gezeigt, sind die Fräszähne 104 in einigen Ausführungsformen um den Mittelpunkt der Dichtungsrippe 130 angeordnet, so dass sie sich innerhalb der gestrichelten Linien der Tragfläche 110 befinden. In anderen Ausführungsformen können die Fräszähne 104 um den Mittelpunkt der Dichtungsrippe 130 angeordnet sein, so dass sie sich innerhalb der gestrichelten Linien der Spitzendeckbandleiste 122 befinden. Wie gezeigt, sind der erste Zahn 150 und der zweite Zahn 160 versetzt, um Platz für die Gesamtform des Spitzendeckbandes 120 zu bieten. Dem Fachmann ist bekannt, kann diese mittige Anordnung die Lebensdauer der Turbinenschaufel 100 durch Vermindern der in der Spitzendeckbandleiste 122 unter dem Spitzendeckband 120 vorherrschenden Belastung verlängert werden. Diese Anordnung stellt auch einen symmetrischeren Aufbau des Spitzendeckbandes 120 insgesamt bereit.

[0016] Fig. 4 ist die perspektivische Ansicht des mit einem Spitzendeckband versehenen Turbinenblattes 200, die den Austausch der Vorderkante oder der saugseitigen Fräszähne durch mittig angeordnete Fräszähne gemäss beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zeigt. Bekannt ist, dass es eine grosse Anzahl von Tragflächen im Gebrauch gibt, die mit Fräszähnen an der Saugseite oder dem Ende der Dichtungsrippe des Spitzendeckbandes ausgestattet sind. Die überschüssige Masse dieser Fräszähne erzeugt eine zu hohe Belastung auf die Spitzendeckbandleiste, was die Lebensdauer des Elementes begrenzt. Ein Beispiel für ein solches Turbinenblatt ist das Blatt, das in der zweiten Stufe einer Turbine vorhanden ist. Allgemein werden solche Blätter nach einer bestimmten Einsatzdauer wegen der hohen Wahrscheinlichkeit eines Defekts der Spitzendeckbandleiste ersetzt. In der vorliegenden Erfindung wird beschrieben, dass die Nutzungsdauer solcher Turbinenblätter deutlich verlängert werden kann, wenn die Fräszähne am Ende der Dichtungsrippe entfernt und durch mittig angeordnete Fräszähne ersetzt werden.

[0017] Somit enthält ein Turbinenblatt 200, wie in Fig. 4 gezeigt, ein Spitzendeckband 202 mit einer Dichtungsrippe 204. Die dunklen Flächen an der Saugseite oder am Ende der Dichtungsrippe 204 stellen die am Ende angeordneten Fräszähne 206 dar, die einen ersten am Ende angeordneten Fräszahn 208 und einen zweiten am Ende angeordneten Fräszahn 210 enthalten. In diesem Zusammenhang beschreibt der Begriff «am Ende angeordneter Fräszahn» einen beliebigen Fräszahn, der an der Saugseite oder an der Druckseite der Dichtungsrippe eines Spitzendeckbandes angeordnet ist. Bei den dieser Erfindung zugrundeliegenden Ausführungsformen werden die am Ende angeordneten Fräszähne 206 entfernt. Das Entfernen erfolgt mittels eines bekannten spanabhebenden Verfahrens oder anderer Verfahren. Insbesondere werden die Fräszähne 206 spanabhebend bearbeitet, bis die Stärke der Dichtungsrippe 204 am Ende oder an der Saugseite etwa der der Mitte oder der Druckseite der Dichtungsrippe 204 entspricht.

**[0018]** Nach dem Entfernen der Fräszähne 206 werden ein oder mehrere mittig angeordnete Fräszähne 220, die einen ersten mittig angeordneten Fräszahn 222 und einen zweiten mittig angeordneten Fräszahn 224 enthalten, an der Dichtungsrippe 204 befestigt. In diesem Zusammenhang bezeichnet der Begriff «mittig angeordnete Fräszähne» Fräszähne, die in der Nähe der Mitte der Dichtungsrippe angeordnet sind. Die mittig angeordneten Fräszähne 220 werden mit bekannten Verfahren befestigt, die das Schweißen und Löten enthalten. In diesem Zusammenhang enthält das Befestigen durch Schweißen sowohl das Anschweißen eines Stücks an die Dichtungsrippe als auch das Erzeugen eines mittleren Zahns durch einen Schweissaufbau. In diesem Zusammenhang enthält das Befestigen durch Löten sowohl das Anlöten eines Stücks an die Dichtungsrippe als auch das Erzeugen eines mittleren Zahns durch Löttaufbau. In einigen Ausführungsformen ist die Form der mittig angeordneten Fräszähne 220 axial von der Vorder- oder von der Rückseite des Elementes gesehen, rechteckig ausgeführt, wobei der Durchschnittsfachmann weiss, dass auch andere Formen möglich sind. Nach dem Installieren auf der Dichtungsrippe 204 kann die äussere radiale Kante der mittig angeordneten Fräszähne 220 mit dem Aussenradius der Dichtungsrippe ausgerichtet sein. Von dort erstrecken sich die mittig angeordneten Fräszähne 220 radial einwärts etwa zur Stelle des Anfangs der Dichtungsrippenleiste 228, die die Übergangsleiste zwischen der Dichtungsrippe 204 und dem Spitzendeckband 202 bildet. Allgemein bedeutet das, dass sich die mittig angeordneten Fräszähne 220 etwa über die halbe Höhe der Dichtungsrippe 204 nach unten erstrecken, wie es in Fig. 4 gezeigt ist.

**[0019]** Wie vorhergehend beschrieben, sind die mittig angeordneten Fräszähne 220 entlang der Dichtungsrippe 204 angeordnet, so dass sie sich in der Tragfläche befinden, wenn sie von dem schmalsten Punkt unter der Spitzendeckbandleiste radial nach aussen vorsteht (vgl. Fig. 3). In anderen Ausführungsformen sind die mittig angeordneten Fräszähne 220 um den Mittelpunkt der Dichtungsrippe 130 angeordnet, so dass sie sich in der Spitzendeckbandleiste befinden, wenn sie radial nach aussen vorsteht (vgl. Fig. 3). Wie in Fig. 4 gezeigt, sind der erste mittig angeordnete Fräszahn 222 und der zweite mittig angeordnete Fräszahn 224 so versetzt, dass sie die Gesamtform des Spitzendeckbandes 202 aufnehmen. Die axiale Dicke der mittig angeordneten Fräszähne 220 muss etwa der der Saugseite der Fräszähne 206 entsprechen oder etwas geringer sein.

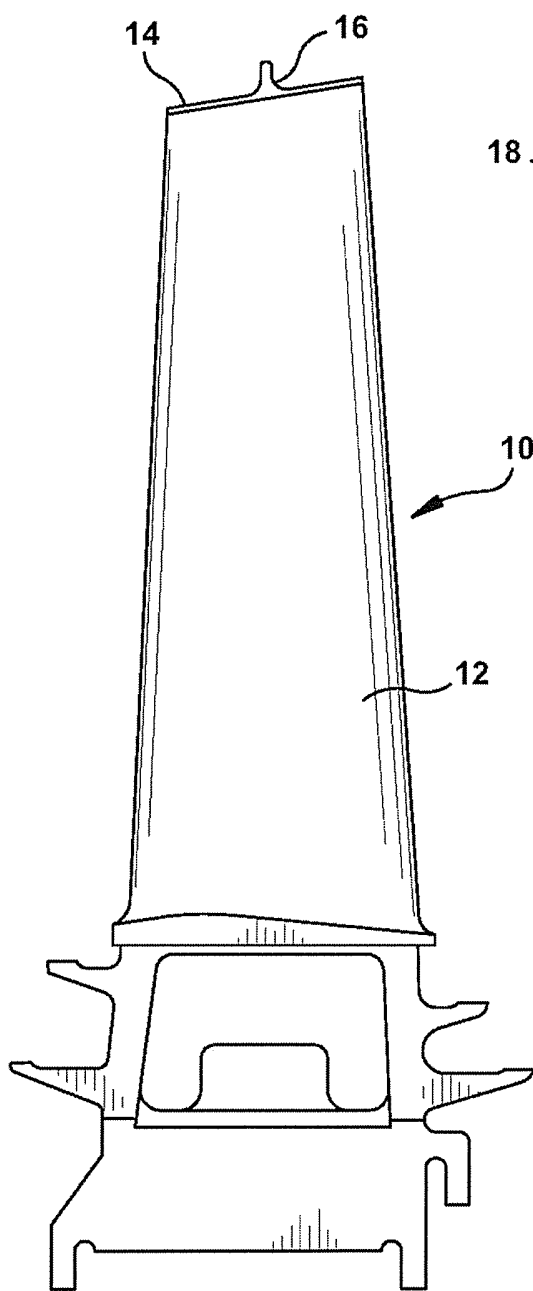
**[0020]** In der vorhergehenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wurden die Neuerungen, Veränderungen und Verbesserungen für den Fachmann deutlich beschrieben. Diese Neuerungen, Veränderungen und Verbesserungen auf dem Fachgebiet sind in den zugehörigen Ansprüchen enthalten. Ferner ist klar, dass das vorhergehend Beschriebene nur die beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betrifft und dass zahlreiche Veränderungen und Verbesserungen durchführbar sind, ohne den Rahmen der in den folgenden Ansprüchen und deren Entsprechungen definierten Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

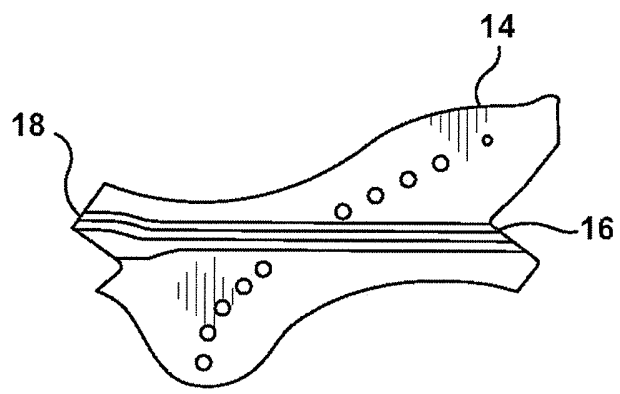
1. Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines mit einem Spitzendeckband (14) versehenen Turbinenblattes (10), wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:  
Entfernen von Fräszähnen (208, 210), welche an einem Längsende von einer Dichtungsrippe (130) des Spitzendeckbandes (14) angeordnet sind; und  
Befestigen von Fräszähnen (222, 224) derart, dass sie mittig an der Dichtungsrippe (130) des Spitzendeckbandes (14) angeordnet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die am Längsende angeordneten Fräszähne (208, 210) jeweils an dem Ende der Saugseite oder der Druckseite der Dichtungsrippe (130) des Spitzendeckbandes (14) angeordnet sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) etwa in der Mitte der Dichtungsrippe (130) des Spitzendeckbandes (14) angeordnet sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die am Längsende von der Dichtungsrippe (130) angeordneten Fräszähne (208, 210) derart mittels spanabhebender Bearbeitung entfernt werden, bis die Stärke der am Längsende angeordneten Fräszähne (208, 210) etwa der Stärke der anderen Bereiche der Dichtungsrippe (130) entspricht.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Befestigen der mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) das Anschweißen der mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) an die Dichtungsrippe (130) umfasst.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Befestigen der mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) das Anlöten der mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) an die Dichtungsrippe (130) umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Befestigen der mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) den Aufbau von Material durch Schweißen oder Löten umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) derart an der Dichtungsrippe (130) befestigt werden, so dass sich die mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) in der Tragfläche (110) befinden, wenn sie vom schmalsten Punkt unter einer Spitzendeckbandleiste (122) radial nach aussen vorstehen.

## CH 703 681 B1

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) derart an der Dichtungsrippe (130) befestigt werden, so dass sich die mittig angeordneten Fräszähne (222, 224) in der Spitzendeckbandleiste (122) befinden, wenn sie radial nach aussen vorstehen.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mit einem Spitzendeckband (14) versehene Turbinenblatt (10) so ausgelegt ist, dass es in einer Gasturbine arbeitet.



**Fig. 1**  
Stand der Technik



**Fig. 2**  
Stand der Technik

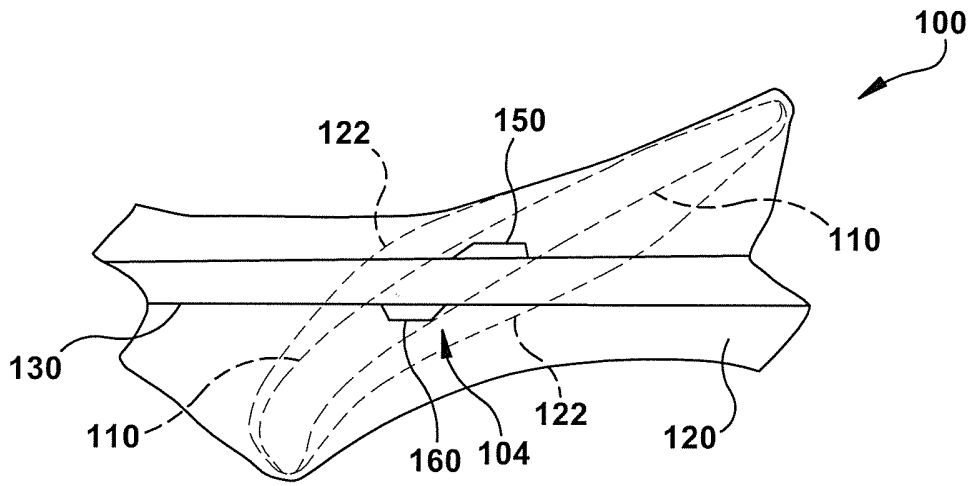


Fig. 3

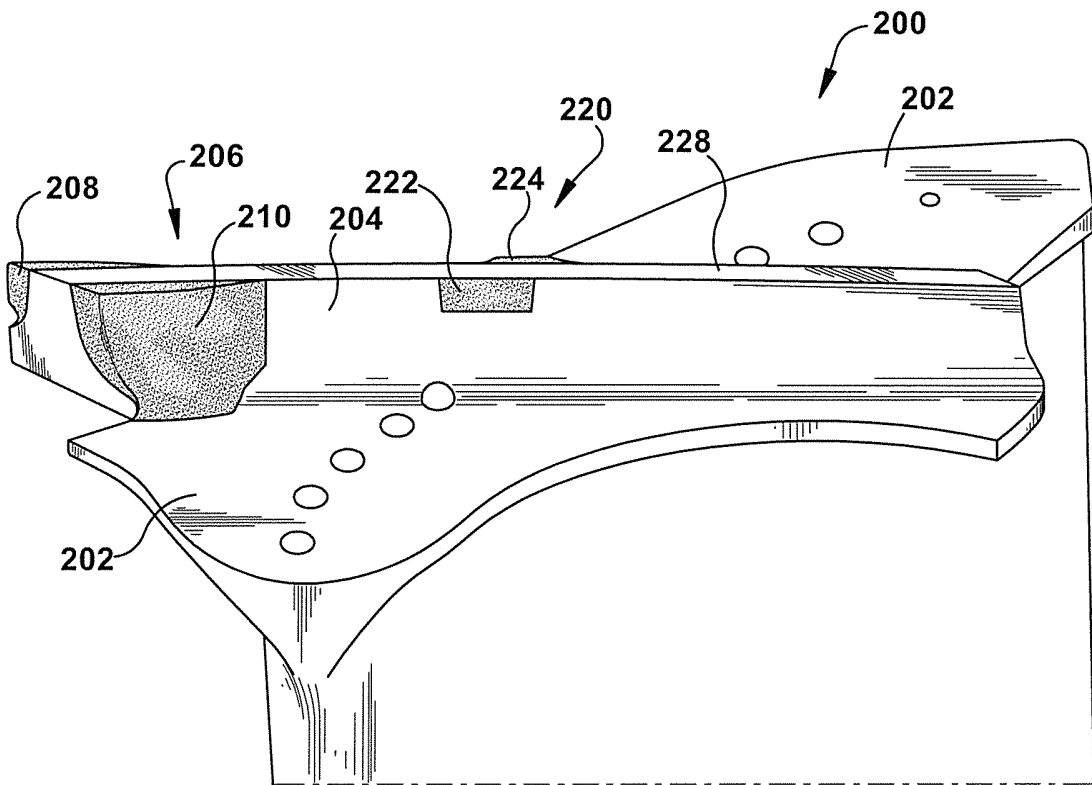


Fig. 4