



(10) **DE 10 2011 054 588 B4** 2025.01.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 588.3**
(22) Anmeldetag: **18.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **19.04.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.01.2025**

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

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
12/907,432 **19.10.2010** **US**

(73) Patentinhaber:
General Electric Technology GmbH, Baden, CH

(74) Vertreter:
**Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728
Esslingen, DE**

(72) Erfinder:
Liotta, Gary Charles, Greenville, S.C., US

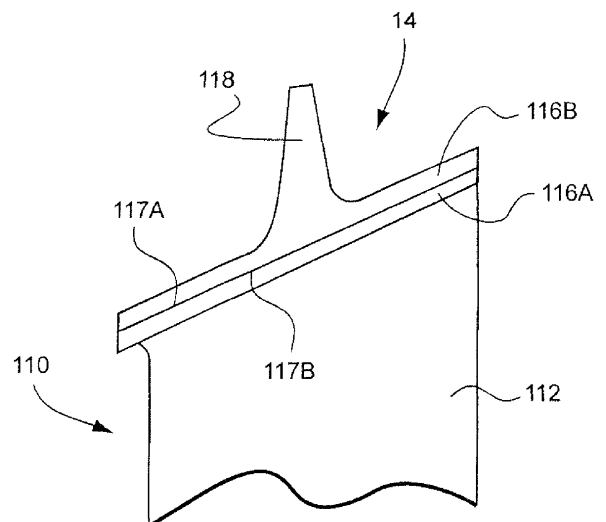
(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| GB | 1 225 926 | A |
| US | 2003 / 0 228 223 | A1 |
| EP | 1 253 291 | A1 |
| EP | 1 707 745 | A2 |

**Christof Lechner, Jörg Seume: Stationäre
Gasturbinen. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag,
2003. Kap. 14.3.2; 14.3.4; 14.6; 24.4; 24.5. - ISBN
978-3-662-10016-5**

(54) Bezeichnung: **Turbinenlaufschaufel mit angefügtem Spitzendeckband**

(57) Hauptanspruch: Turbinenlaufschaufel, die aufweist:
einen Schaufelblattabschnitt (112); und
ein Spitzendeckband (110) an einem radial äußeren Ende
des Schaufelblattabschnitts, das eine erste, radial innere
Spitzendeckbandkomponente (116A), die mit dem Schau-
felblattabschnitt integral ausgebildet und aus einem ersten
Metallwerkstoff aufgebaut ist, und eine zweite, radial
äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente (116B)
enthält, die aus einem zweiten Metallwerkstoff aufge-
baut ist, der mit der ersten, radial inneren Spitzendeck-
bandkomponente verbunden ist;
wobei der zweite Metallwerkstoff eine geschäumte einkris-
talline nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung aufweist.



Beschreibung

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein die Turbinentechnologie und insbesondere Turbinenschaufeln oder Laufschaufeln, die mit integralen Spitzendeckbändern ausgebildet sind.

[0002] Spitzendeckbänder, die sich an den Spitzen von Turbinenschaufeln oder Laufschaufeln befinden, dämpfen Vibrationen und stützen die Spitzenbereiche der Schaufelblattabschnitte der Laufschaufeln. Spitzendeckbänder bilden ferner die radial äußere Begrenzung des Heißgasströmungspfad durch die Turbinenstufe. An sich reichen die Deckbänder von einer Laufschaufel zur anderen und stehen an ihren gegenüberliegenden, einander zugewandten Umfangskanten in Kontakt miteinander. Der Vorder- und der Hinterkantenabschnitt des Spitzendeckbands ragen über das Schaufelblatt hinaus, und es sind diese Bereiche, die häufig höheren Temperaturen und hohen Biegebelastungen ausgesetzt sind. Diese vorstehenden, auskragenden Bereiche können kriechen, und sogar bis zum Bruch kriechen, bevor die Nutzungsdauer der gesamten Laufschaufel aufgebraucht worden ist, was somit die Lebensdauer der Laufschaufel begrenzt.

[0003] Spitzendeckbänder sind häufig mit dem Tragflächenprofil bzw. Schaufelblatt der Laufschaufel integral ausgebildet und können auch integrale Dichtungszähne tragen, die gestaltet sind, um eine Heißgasleckage um die äußeren Ränder der Deckbänder herum zu verhindern. Die Schaufel oder das Schaufelblatt und das Spitzendeckband werden gewöhnlich durch Gießen erzeugt, und das Spitzendeckband wird gewöhnlich auf seine Endkonfiguration maschinell bearbeitet.

[0004] Die auskragenden Vorder- und Hinterkantenabschnitte der Spitzendeckbänder sind häufig mit teilweise verkürzter Profiltiefe ausgebildet, so dass Material der Auskrragung entfernt wird, um die Masse in diesen Bereichen zu reduzieren, wobei dies den Überdeckungsbereich des äußeren Strömungspfad durch das Spitzendeckband verringert und somit die Effizienz reduziert. Außerdem ist das Material für die Schaufel im Allgemeinen als die Legierung mit der geringsten Temperaturbeständigkeit und den niedrigsten Kosten, die den Belastungen widerstehen und die Lebensdaueranforderung für den Schaufelblattabschnitt erfüllen kann, ausgewählt.

[0005] US 2003 / 0 228 223 A1 offenbart eine Turbinenlaufschaufel mit einem Schaufelblattabschnitt und einem Spitzendeckband, das eine erste, radial innere Spitzendeckbandkomponente enthält, die mit dem Schaufelblattabschnitt integral ausgebildet ist

und mehrere untere Rippen enthält, und eine zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente enthält, die mehrere obere Rippen aufweist und mit der ersten, radial inneren Spitzendeckbandkomponente durch Diffusionsschweißen, Elektronenstrahlschweißen oder eine Kombination davon verbunden ist.

[0006] CH. Lechner, J. Seume: Stationäre Gasturbinen, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003 beschreibt als Fachbuch stationäre Gasturbinen und ihre Komponenten, einschließlich Turbinenlaufschaufeln mit Schaufelblättern und einem Spitzendeckbändern, Eigenschaften und Funktionen eines Spitzendeckbandes und Materialien für Turbinenlaufschaufeln.

[0007] EP 1 253 291 A1 und GB 1 225 926 A offenbaren Turbinenschaufeln mit Spitzendeckbandkomponenten, die entlang einander zugewandter, profilierter Flächen miteinander verbunden sind.

[0008] EP 1 707 745 A2 offenbart die Verwendung eines geschäumten hochtemperaturfesten Metalls für den Schaufelblattabschnitt und den Wurzelabschnitt einer Turbinenlaufschaufel.

[0009] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Spitzendeckbandkonfiguration zu schaffen, die weniger zu kriechen neigt und somit hinsichtlich der Einhaltung der vorhergesagten Nutzungsdauer der Schaufel vorteilhafter ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß der Erfindung eine Turbinenlaufschaufel geschaffen, die aufweist: einen Schaufelblattabschnitt; und ein Spitzendeckband an einem radial äußeren Ende des Schaufelblattabschnitts, das eine erste, radial innere Spitzendeckbandkomponente, die mit dem Schaufelblatt integral ausgebildet und aus einem ersten Metallwerkstoff gebildet ist, und eine zweite, radial äußere strukturelle Spitzendeckbandkomponente aufweist, die aus einem zweiten Metallwerkstoff gebildet ist, der an die innere Spitzendeckbandkomponente gebunden ist. Der zweite Metallwerkstoff weist eine geschäumte einkristalline nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung auf.

[0011] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0012] Die Erfindung wird nun in Verbindung mit den nachstehend angegebenen Zeichnungen beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1, 2 und 3 veranschaulichen ein herkömmliches Turbinenlaufschaufelspitzendeckband in einer Seitenansicht, Draufsicht von oben und Umfungsansicht;

Fig. 4 zeigt eine ausschnittsweise explodierte Seitenansicht eines angefügten bzw. angebundenen Spitzendeckbandes gemäß einer beispielhaften, jedoch nicht beschränkenden Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5 zeigt eine ausschnittsweise Seitenansicht, ähnlich der **Fig. 4**, jedoch unter Veranschaulichung des oberen Spitzendeckbandes, wie er mit dem unteren Spitzendeckband verbunden ist; und

Fig. 6 zeigt eine ausschnittsweise Umfungsansicht des in **Fig. 5** veranschaulichten Spitzendeckbands.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0013] **Fig. 1-3** zeigen einen Turbinenlaufschaufelspitzenbereich 10 mit einem benachbarten, radial inneren Schaufelblattabschnitt 12 und einem integralen Spitzendeckband 14. Es sind die Seiten-, Drauf- und Umfungsansicht der integralen Spitzendeckbandkonfiguration veranschaulicht. Das Spitzendeckband 14 enthält einen Deckbandkörper oder eine Deckbandbasis 16, der bzw. die wiederum einen aufrecht stehenden oder radial vortragenden Dichtungszahn 18 trägt. In vielen Fällen ist das Deckband 14 mit dem Schaufelblatt 12 integral hergestellt. Gewöhnlich wird die Laufschaufel gegossen, wobei nach dem Gießen das Spitzendeckband maschinell bis auf seine endgültige Gestalt bearbeitet wird. **Fig. 2** zeigt die auch als Vorder- und Hinterkantenabschnitt bezeichneten lateralen oder Seitenbereiche 20, 22 des Spitzendeckbands 16, die über das Schaufelblatt 12 hinausragen bzw. vorkragen, wobei gerade diese Bereiche (die mit gestrichelten Linien umschlossen sind) infolge der Beaufschlagung durch hohe Temperaturen und hohe Biegebelastungen mit der Zeit zum Kriechen neigen. Die Umfangskanten 24, 26 sind geformt, um mit ähnlichen Kanten an benachbarten Schaufelspitzendeckbändern (von denen eines bei 28 veranschaulicht ist) in Eingriffsverbindung zu stehen.

[0014] Indem nun auf die **Fig. 4-6** Bezug genommen wird, ist dort ein Bimetall-Spitzendeckbandbereich 110 in Verbundbauweise gemäß einer beispielhaften, jedoch nicht beschränkenden Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht. Insbesondere enthält der Schaufelblattabschnitt 112 ein Spitzendeckband 114, das aus einer radial inneren und einer radial äußeren Komponente 116A, 116B zusammengesetzt ist, wobei die innere Komponente 116A mit

dem Schaufelblattabschnitt 112 integral ausgebildet ist. Die radial innere Spitzendeckbandkomponente 116A kann durch eine typische äquiaxiale oder gerichtet erstarrte nickelbasierte, kobaltbasierte oder sonstige Laufschaufelsuperlegierung mit geringer Temperaturbeständigkeit gebildet sein. Die radial äußere Spitzendeckbandkomponente 116B ist an die radial innere Spitzendeckbandkomponente 116A gebunden und ist aus einem teureren Legierungsmaterial mit höherer Temperaturbeständigkeit und/oder einem Material mit geringerer Dichte hergestellt. Z.B. ist eine einkristalline, nickelbasierte Rene N5 Superlegierung mit einer Temperaturbeständigkeit von 1400°-1800° oder mehr und mit einer Dichte ähnlich der kostengünstigen nickelbasierten Superlegierung der inneren Spitzendeckbandkomponente 116A geeignet. Der Ansatz besteht darin, ein Material geringerer Dichte, beispielsweise ein geschäumtes Metall, zu verwenden. Das geschäumte Metall könnte das gleiche Material Rene N5 sein, das optional mit einer anderen, sogar gegen höhere Temperaturen beständigen Legierung kombiniert sein kann. Der geschäumte Metallwerkstoff geringerer Dichte ist wirksam, weil er die Spannung reduziert, so dass das Spitzendeckband höheren Temperaturen standhalten kann. Somit können zwei beispielhafte Methoden verwendet werden, um ein Kriechen in dem beschriebenen Zweikomponenten-Spitzendeckband zu reduzieren: Verwendung eines Materials mit höherer Temperaturbeständigkeit in der radial äußeren Spitzendeckbandkomponente; oder Verwendung eines Materials geringerer Dichte, eines geschäumten Metalls, mit oder ohne ein Material mit höherer Temperaturbeständigkeit in der radial äußeren Spitzendeckbandkomponente.

[0015] In jedem Fall ist es zu verstehen, dass beide Komponenten 116A und 116B von struktureller Art sind, d.h. die innere Komponente 116A ist nicht nur mit einem weiteren Material verkleidet oder überzogen. In der Tat trägt die äußere Komponente 116B zu der Festigkeit des Spitzendeckbands 114 bei.

[0016] Eine Vorbehandlung vor der Verbindung der flachen Verbindungsflächen 117A, 117B der Spitzendeckbandkomponenten kann eine Aufrauung der Oberfläche, Sudvernickelung oder eine sonstige geeignete Methode zur Verstärkung der Bindung zwischen den Spitzendeckbandkomponenten enthalten. Es versteht sich jedoch, dass eine Verbindungsfläche oder beide mit einem radialen Vorsprung ausgebildet sein könnte, der eingerichtet ist, um in einer oder mehreren Nuten in einer zugehörigen gegenüberliegenden Oberfläche aufgenommen zu sein, um einer Scherung entlang der Verbindungslinie zu widerstehen.

[0017] Sobald die innere und die äußere Spitzendeckbandkomponente 116A und 116B z.B. durch Diffusionshartlöten miteinander verbunden sind, unter-

stützt und verstärkt die äußere Komponente 116B mit höherer Temperaturbeständigkeit die Spitzendeckbandkomponente 116A mit geringerer Temperaturbeständigkeit, wodurch die Temperaturbeständigkeit und Strukturfestigkeit stark vergrößert sowie die Kriech- und/oder niederzyklische Ermüdungsbeständigkeit des Spitzendeckbands vergrößert werden. Diffusionshartlöten ist von Vorteil, weil es eine Verbindungslinienfestigkeit nahe an den Komponententeilen selbst bietet.

[0018] In der Konfiguration, in der die äußere Spitzendeckbandkomponente 116B aus einem Material geringerer Dichte hergestellt ist, reduziert dies die Zug- oder Beschleunigungskräfte an dem unteren Spitzendeckband 116A und an der gesamten Laufschaufel. Bei dieser Ausführungsform ist die Belastung des Laufschaufelblattes reduziert, und die Nutzungsdauer ist verbessert. Außerdem kann die Spitzendeckbandgröße in den auskragenden, überstehenden Bereichen (20 und 22) vergrößert werden, um eine kontinuierliche Umfangsfläche zu bilden, die nur durch die Spalte zwischen den Laufschaufelspitzen unterbrochen ist. Dieser verbesserte Überdeckungsbereich reduziert Spitzenverluste und verbessert Spitzenspiele, wodurch die Leistung vergrößert ist.

[0019] Es kann/können ein oder mehrere Deckbanddichtungszähne 118 in der äußeren Deckbandkomponente 116B aufgenommen sein, wodurch die Spitzendeckbandleistung weiter verbessert wird.

[0020] Es wird erkannt, dass auch andere Verbindungstechniken verwendet werden können. Nach einer Endbearbeitung der verbundenen Spitzendeckbandkomponenten kann eine Inspektion der verbundenen Anschlussstelle durchgeführt werden. Die Verbindungslinie kann hinsichtlich jeglicher möglicher Leerstellen untersucht werden, während der innere verbundene Bereich, von der Verbindungslinie der äußeren Fläche entfernt, zerstörungsfrei, z.B. anhand einer Ultraschalluntersuchung, inspiziert werden kann, oder um Löcher nachzuweisen, um eine vollkommene Bindung sicherzustellen.

[0021] Während die Erfindung in Verbindung mit der momentan als die praktikabelste und bevorzugte angesehene Ausführungsform beschrieben worden ist, ist es zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt sein soll, sondern dass sie im Gegenteil verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen umfassen soll, die in dem Rahmen und Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche enthalten sind.

[0022] Eine Turbinenlaufschaufel enthält einen Schaufelblattabschnitt 112 und ein Spitzendeckband 110 an einem radial äußeren Ende des Schaufelblattabschnitts. Das Spitzendeckband enthält eine erste,

radial innere Spitzendeckbandkomponente 116A, die mit dem Schaufelblattabschnitt integral ausgebildet ist und aus einem ersten Metallwerkstoff besteht, und eine zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente 116B, die aus einem zweiten Metallwerkstoff gebildet ist, der mit der ersten radial inneren Spitzendeckbandkomponente verbunden ist.

Teileliste:

| | |
|------------|--|
| 10 | Schaufelspitzenbereich |
| 12, 112 | Schaufelblattabschnitt |
| 14 | Spitzendeckband |
| 16 | Deckbandbasis |
| 18 | Dichtungszahn |
| 20, 22 | Seitenbereiche oder Vorder- und Hinterkantenabschnitte |
| 24, 26 | Umfangskanten |
| 28 | Laufschaufelspitzendeckband |
| 110, 114 | Spitzendeckbandbereich (oder Spitzendeckband) |
| 116A, 116B | innere und äußere Komponente |
| 117A, 117B | Flächen der Verbindungsstelle, Anschlussflächen |
| 118 | Deckbanddichtungszähne |

Patentansprüche

1. Turbinenlaufschaufel, die aufweist: einen Schaufelblattabschnitt (112); und ein Spitzendeckband (110) an einem radial äußeren Ende des Schaufelblattabschnitts, das eine erste, radial innere Spitzendeckbandkomponente (116A), die mit dem Schaufelblattabschnitt integral ausgebildet ist und aus einem ersten Metallwerkstoff aufgebaut ist, und eine zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente (116B) enthält, die aus einem zweiten Metallwerkstoff aufgebaut ist, der mit der ersten, radial inneren Spitzendeckbandkomponente verbunden ist; wobei der zweite Metallwerkstoff eine geschäumte einkristalline nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung aufweist.
2. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei der zweite Metallwerkstoff eine höhere Temperaturbeständigkeit als der erste Metallwerkstoff aufweist.
3. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei der zweite Metallwerkstoff eine geringere Dichte als der erste Metallwerkstoff aufweist.

4. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 3, wobei der zweite Metallwerkstoff eine höhere Temperaturbeständigkeit als der erste Metallwerkstoff aufweist.

5. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei die erste, radial innere und die zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente (116A, 116B) entlang einander zugewandter, im Wesentlichen flacher Oberflächen miteinander verbunden sind.

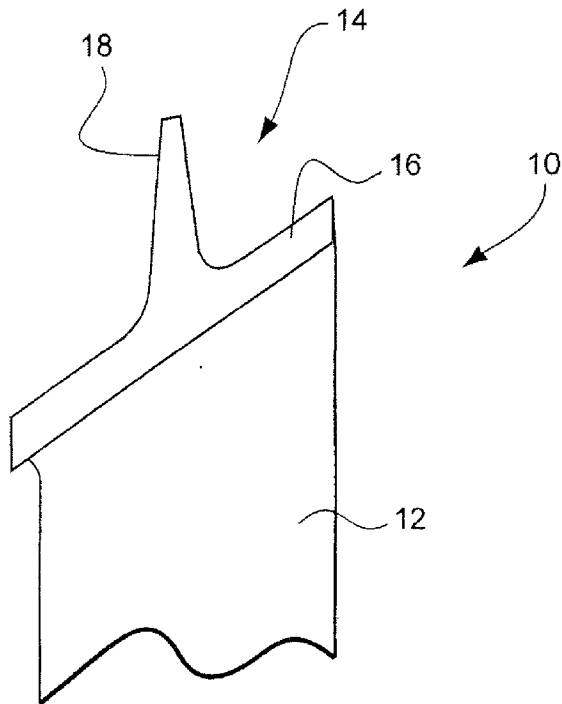
6. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei die erste, radial innere und die zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente (116A, 116B) entlang einander zugewandter, profilierter Flächen (117A, 117B) miteinander verbunden sind, die die Verbindung zwischen dem oberen und dem unteren Teil verbessern.

7. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei der erste Metallwerkstoff eine nickel- oder kobaltbasierte Legierung aufweist.

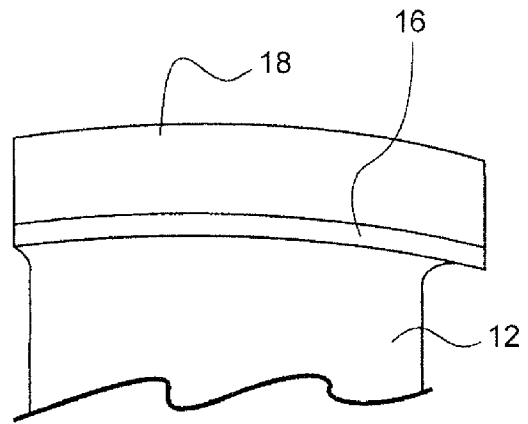
8. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, wobei gegenüberliegende Umfangsenden des Spitzendeckbands (110) für eine passende Eingriffsverbindung mit benachbarten Laufschaufelspitzenbändern an einem Turbinenlaufrad profiliert sind und wobei ferner die zweite, radial äußere, strukturelle Spitzendeckbandkomponente (116B) einen oder mehrere Dichtungszähne (118) trägt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

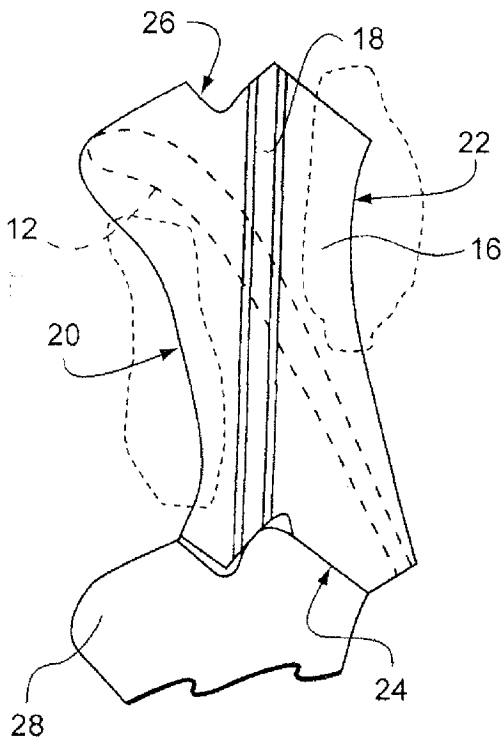
Anhängende Zeichnungen



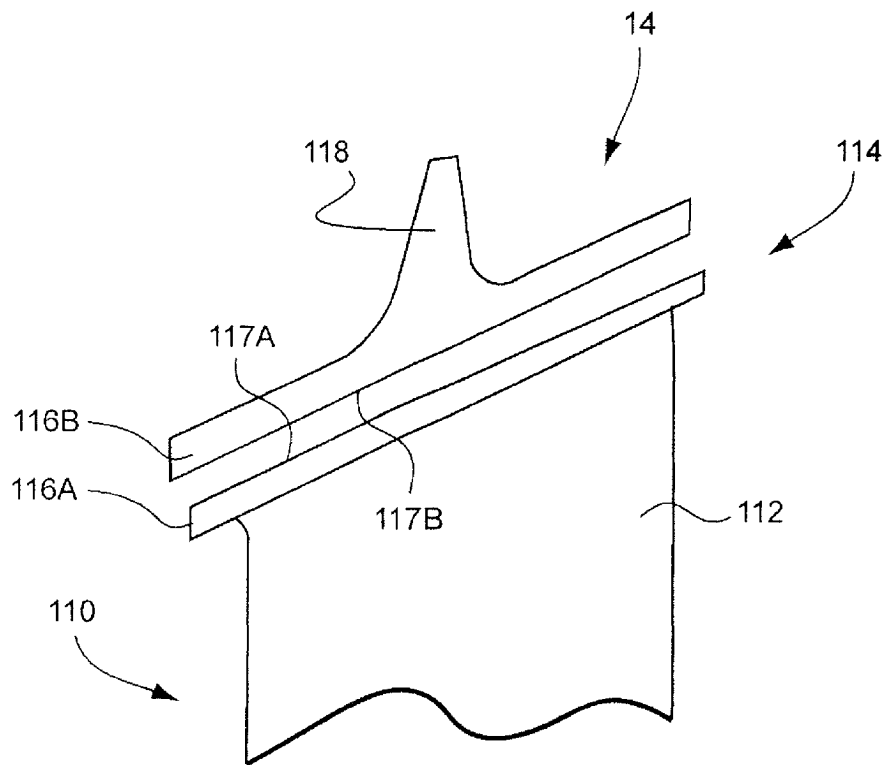
Figur 1
(Stand der Technik)



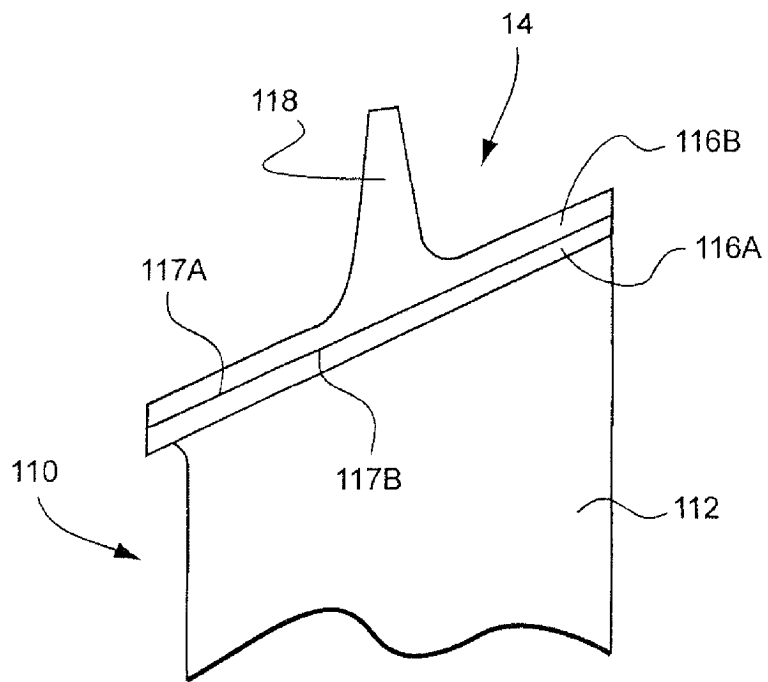
Figur 3
(Stand der Technik)



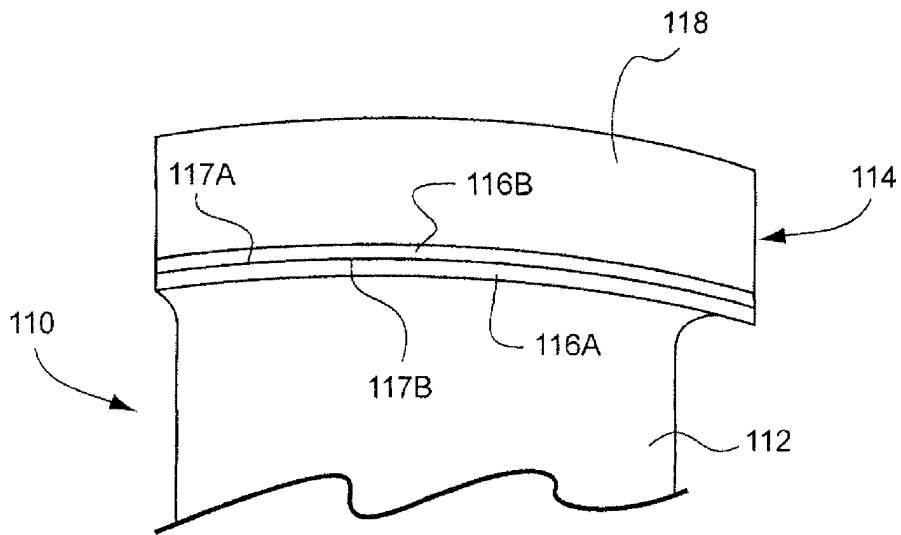
Figur 2
(Stand der Technik)



Figur 4



Figur 5



Figur 6