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

(11) **EP 2 313 615 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.03.2016 Patentblatt 2016/12

(21) Anmeldenummer: **09781705.0**

(22) Anmeldetag: **11.08.2009**

(51) Int Cl.:
F01D 11/12 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/060387

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/018174 (18.02.2010 Gazette 2010/07)

(54) **SCHAUFELANORDNUNG EINER GASTURBINE**

BLADE ARRANGEMENT OF A GAS TURBINE

DISPOSITIF D'AUBES D'UNE TURBINE À GAZ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **15.08.2008 CH 12852008**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.04.2011 Patentblatt 2011/17

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **HEINZ-SCHWARZMAIER, Thomas**
  CH-5430 WETTINGEN (CH)
- **DUDA, Thomas**
  CH-5430 Wettingen (CH)
- **SCHNELL, Alexander**
  CH-5400 Baden (CH)

(74) Vertreter: **Bernotti, Andrea et al**
Studio Torta S.p.A.
Via Viotti, 9
10121 Torino (IT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 166 676
EP-A- 0 965 730
GB-A- 2 226 050
US-A- 5 780 171
US-A- 5 883 314
US-A1- 2003 175 116

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 313 615 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der thermischen Strömungsmaschinen, insbesondere der Gasturbinen. Sie betrifft eine Schaufelanordnung einer thermischen Strömungsmaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Für den Wirkungsgrad einer Gasturbine ist es von grosser Wichtigkeit, insbesondere im Turbinenteil, in dem die heissen Gase aus der Brennkammer entspannt werden, die zwischen dem beschaufelten drehenden Rotor und dem umgebenden Stator auftretenden Spalte im Bereich der Beschaufelung möglichst klein zu halten.

[0003] Im einfachsten Fall, wie dies in Fig. 1 anhand der Schaufelanordnung 10 wiedergegeben ist, werden für eine Optimierung der Spaltbreite keine speziellen Massnahmen ergriffen: Die in den Heissgaskanal 13 der Gasturbine radial hineinragenden, um die Achse 16 drehenden Laufschaufeln 11 enden in einer mit einer ersten Abdeckschicht 15 versehenen Schaufelspitze 27, die mit einem Spiel 25 einem die äussere Wand 26 des Heissgaskanals 13 bildenden Hitzeschild 12 gegenüberliegt, welcher mit einer zweiten Abdeckschicht 14 versehen ist. Die Abdeckschichten 14 und 15, die beispielsweise aus MCrAlY bestehen können, schützen die Bauteile 11 und 12 vor den schädlichen Einwirkungen der heissen Gase im Heissgaskanal 13, insbesondere vor unerwünschter Oxidation. Die Schaufelanordnung 10 der Fig. 1 ist nicht für ein Einschleifen der Schaufelspitzen 27 in den Hitzeschild 12 ausgelegt. Das Spiel 25 zwischen den Schaufelspitzen 27 und dem Hitzeschild 12 berücksichtigt die verschiedenen Wärmedehnungen und ist daher vergleichsweise gross, um ein Schleifen der Bauteile im Betrieb zu vermeiden.

[0004] Um das Spiel 25 reduzieren zu können, sind Schaufelanordnungen 20 gemäss Fig. 2 vorgeschlagen worden (siehe z.B. die EP-A2-0 166 676, EP-A2-1 312 760 oder die US-A1-2008166225), bei denen an der Schaufelspitze 27 der Laufschaufeln in eine Trägerschicht 19 eingebettet Schleifkörper (Körner) 21 (z.B. aus Siliziumkarbid oder kubischem Bornitrid cBN) angeordnet sind, mit denen sich die Schaufelspitze 27 im Betrieb in eine abschleifbare Wärmedämmschicht 18 (Thermal Barrier Coating TBC) auf dem gegenüberliegenden Hitzeschild 12 einschleifen kann. Als Trägerschicht 19 für die Schleifkörper 21 kann beispielsweise eine Schicht aus metallischem MCrAlY verwendet werden, ebenso wie als Haftschicht 17 unter der Wärmedämmschicht 18.

[0005] Die Schleifschicht 19, 21 einer solchen Schaufelanordnung ist durch die eingelagerten Schleifkörper vergleichsweise komplex aufgebaut und daher aufwändig in der Herstellung.

[0006] Dokument US-A1-5 883 314 offenbart ein Verfahren zur Herstellung abreibbarer Beschichtungen auf thermisch beanspruchten Komponenten von Gasturbinen, welche sich durch gute Abriebeigenschaften bei gleichzeitig hoher Bindungswirkung an das Substrat auszeichnen. Einsatzgebiete sind Statorteile des Heißgaskanals oder Schaufelteile. Schichtartig aufgebaute biegsame Vorformlinge auf Basis modifizierter MCrAlY-Legierungen werden auf die fraglichen Bereiche der Turbinenkomponente, beispielsweise die Schaufelspitze, aufgebracht und mit ihr metallurgisch verbunden. Die Herstellung der mehrschichtigen Vorformlinge ist vergleichsweise aufwändig.

[0007] EP-A2-0 965 730 offenbart geeignete Materialkombinationen in Wechselwirkung stehender abrasiver und abreibbarer Oberflächen in Gasturbinen, insbesondere Hitzeschild und Laufschaufelspitze, basierend auf einer abrasiv ausgerüsteten Schaufelspitze und einer abreibbar ausgerüsteten Oberfläche des Hitzeschilds. Der Hitzeschild besitzt eine erosionsbeständige Oberfläche aus einem ersten keramischen Material, welche mittels einer Haftschicht fest mit dem Substrat verbunden ist. In einem begrenzten Bereich, dem Kontaktbereich mit der rotierenden Schaufelspitze, ist eine abreibbare Verschleißschicht aus einem zweiten keramischen Material aufgebracht. Die einwirkende Laufschaufelspitze ist mit einer abrasiven Beschichtung, vorzugsweise gemäß US-A-4 936 745, also mit in eine metallische Trägerschicht eingebetteten Schleifkörpern aus Siliziumkarbid oder kubischem Bornitrid, ausgerüstet. Auch diese Lösung zeichnet sich durch aufwändig ausgerüstete Oberflächen der beteiligten Komponenten aus.

[0008] Die Druckschrift US-A1- 2003/175116 beschreibt eine abreibbare Beschichtung für Statorkomponenten eines Verdichters oder einer Gasturbine. Schaufelspitze und Hitzeschild weisen Mittel auf, welche ein gezieltes Einschleifen der Schaufelspitze in den Hitzeschild ermöglichen. Der Hitzeschild selbst weist als äussere Schicht eine poröse Wärmedämmschicht mit polygonalen Vertiefungen (Fig. 6) oder in Umfangsrichtung verlaufenden Nuten, begrenzt von Wandvorsprüngen (Fig. 7, 8), auf, während die Laufschaufelspitze mit einer umlaufenden Schneidkante (Fig. 4, 5) zum Einschneiden in die abreibbare Beschichtung des Hitzeschildes ausgerüstet ist. Die Ausrüstung der Schaufelspitze mit umlaufenden Schneidkanten erhöht den Herstellungsaufwand und - jedenfalls bei einem Einsatz in der Gasturbine - den Aufwand für die Schaufelkühlung in diesem Bereich.

Darstellung der Erfindung

[0009] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Schaufelanordnung anzugeben, welche die Nachteile bekannter Schaufelanordnungen vermeidet und bei einfachem Aufbau ein vergleichbares Einschleifverhalten erzeugt, ohne dass an der Schaufelspitze eine spezielle Schleifschicht vor-

gesehen werden muss.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass der Hitzeschild als äussere, abschleifbare Schicht eine poröse Wärmedämmschicht aus einer porösen Keramikschicht aufweist, und dass die Schaufelspitze lediglich mit einer homogenen metallischen Abdeckschicht aus MCrAlY versehen ist. Die poröse Wärmedämmschicht ermöglicht es der mit der Abdeckschicht bedeckten Schaufelspitze, sich auch ohne spezielle Schleifkörper bzw. Schleifschicht in den Hitzeschild einzuschleifen und so das Spiel zwischen Schaufelspitze und gegenüberliegendem Hitzeschild optimal zu minimieren.

[0011] Grundsätzlich ist die Schaufel eine Laufschaufel oder eine Leitschaufel einer thermischen Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine, wobei im Falle einer Leitschaufel der Schaufelspitze ein am Rotor befestigter Hitzeschild gegenüberliegt. Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Schaufel eine um die Achse rotierende Laufschaufel, während der Hitzeschild am Stator der Gasturbine ortsfest montiert ist.

[0012] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die poröse Keramikschicht aus YSZ, besteht. Vorzugsweise ist dabei die Porosität der Wärmedämmschicht grösser als 20 %.

[0013] Zwischen dem Hitzeschild und der Wärmedämmschicht ist mit Vorteil eine Haftschicht, insbesondere aus MCrAlY, angeordnet.

[0014] Eine andere Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufel Teil der ersten Laufschaufelreihe im Turbinenteil der Gasturbine ist.

Kurze Erläuterung der Figuren

[0015] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 in einer stark vereinfachten Darstellung eine frühere Schaufelanordnung ohne die Möglichkeit des Einschleifens;

Fig. 2 in einer zu Fig. 1 vergleichbaren Darstellung eine andere frühere Schaufelanordnung mit einer speziellen Schleifschicht auf der Schaufelspitze und

Fig. 3 in einer zu Fig. 1 vergleichbaren Darstellung eine für das Einschleifen vorgesehen Schaufelanordnung mit einer einfachen Abdeckschicht auf der Schaufelspitze gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] In Fig. 3 ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für eine Schaufelanordnung 30 nach der Erfindung wiedergegeben. In dem Beispiel steht wiederum einer um die Achse 16 der Gasturbine drehbaren Laufschaufel 11 mit der Schaufelspitze 27 ein Hitzeschild 12 mit Spiel 25 gegenüber. Das Spiel 25 und damit der Wirkungsgrad der Turbine werden durch Einschleifen der Schaufelspitze 27 in die Beschichtung 22, 23 des Hitzeschilds 12 optimiert (in Fig. 3 ist der mögliche Einschleifbereich 28 am Hitzeschild durch eine gestrichelte Linie angedeutet).

[0017] Als beim Einschleifen abzuschleifende Schicht ist am Hitzeschild 12 eine Wärmedämmschicht 23 vorgesehen, die über eine dazwischen liegende Haftschicht 22 mit dem Substrat des Hitzeschilds 12 verbunden ist. Als Haftschicht 22 kann in üblicher Weise eine metallische Oxidationsschutzschicht aus MCrAlY vorgesehen werden.

[0018] Bei Versuchen hat sich nun herausgestellt, dass ein Einschleifen der Schaufelspitze in die Wärmedämmschicht 23 auch ohne spezielle Schleifschicht auf der Schaufelspitze 27 möglich ist und zu guten Resultaten führt, wenn die Wärmedämmschicht 23 - ohne ihre thermischen Eigenschaften zu verlieren - ausreichend leicht abzuschleifen ist. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass eine poröse Wärmedämmschicht 23 aus einer porösen Keramikschicht, die insbesondere aus YSZ (Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkoniumoxid) bestehen kann, verwendet wird, wobei die Porosität beispielsweise durch eingelagerte Polymere erzeugt wird, die später ausgeheizt werden. Es hat sich dabei als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Porosität der Wärmedämmschicht grösser als 20 % ist, also beispielsweise im Bereich von 22-24 % liegt.

[0019] Bei einer solchen porösen Wärmedämmschicht 23 ist beim Einschleifen der Abrieb an der Schaufelspitze 27 gegenüber der Tiefe des Einschleifbereichs 28 vergleichsweise klein, so dass auf eine spezielle Schleifschicht an der Schaufelspitze 27 verzichtet werden kann. Es reicht daher aus, wenn die Schaufelspitze 27 mit einer homogenen Abdeckschicht 24 (ohne Schleifkörper) aus MCrAlY bedeckt ist, die als Schutzschicht gegen die Oxidation des Schaufelmaterials ohnehin vorgesehen ist.

[0020] Auf diese Weise brauchen an der Schaufel 11 keine besonderen Vorkehrungen für das Einschleifen getroffen werden, wodurch sich die Herstellung der Schaufel 11 wesentlich vereinfacht.

Bezugszeichenliste

[0021]

10,20.30	Schaufelanordnung (Gasturbine)
11	Laufschaufel
12	Hitzeschild
13	Heissgaskanal
14,15,24	Abdeckschicht
16	Achse
17,22	Haftschicht
18,23	Wärmedämmschicht (TBC)
19	Trägerschicht

21	Schleifkörper
25	Spiel
26	Wand (Heissgaskanal)
27	Schaufelspitze
28	Einschleifbereich

Patentansprüche

1. Schaufelanordnung (30) einer thermischen Strömungsmaschine mit wenigstens einer Schaufel (11), welche in radialer Richtung in einen zu einer Achse (16) konzentrisch angeordneten Heissgas durchströmten Kanal (13) hineinragt und in einer Schaufelspitze (27) endet, die mit einem Spiel (25) einem den Kanal (13) begrenzenden Hitzeschild (12) gegenüber liegt, wobei die Schaufel (11) und der Hitzeschild (12) in Umfangsrichtung relativ zueinander beweglich sind, und die Schaufelspitze (27) und der Hitzeschild (12) Mittel (22, 23, 24) aufweisen, welche ein gezieltes Einschleifen der Schaufelspitze (27) in den Hitzeschild (12) ermöglichen, und wobei der Hitzeschild (12) als äussere, abschleifbare Schicht eine poröse Wärmedämmschicht (23) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die poröse Wärmedämmschicht (23) eine poröse Keramikschicht ist und dass die Schaufelspitze (27) lediglich mit einer homogenen metallischen Abdeckschicht (24) aus MCrAlY versehen ist.

2. Schaufelanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die thermische Strömungsmaschine eine Gasturbine ist, dass die Schaufel eine um die Achse (16) rotierende Laufschaufel (11) ist, und dass der Hitzeschild (12) am Stator der Gasturbine ortsfest montiert ist.

3. Schaufelanordnung nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die poröse Keramikschicht aus YSZ (Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkoniumoxid) besteht.

4. Schaufelanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Porosität der Wärmedämmschicht (23) grösser 20 % ist.

5. Schaufelanordnung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, das zwischen dem Hitzeschild (12) und der Wärmedämmschicht (23) eine Haftschicht (22), insbesondere aus MCrAlY, angeordnet ist.

6. Schaufelanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufel (11) Teil der ersten Laufschaufelreihe im Turbinenteil der Gasturbine ist.

Claims

1. Blade arrangement (30) of a thermal turbomachine with at least one blade (11), which in the radial direction projects into a passage (13) which is arranged concentrically to an axis (16) and is exposed to throughflow by hot gas, and terminates in a blade tip (27) which with a clearance (25) lies opposite a heat shield (12) which delimits the passage (13), wherein the blade (11) and the heat shield (12) are movable in relation to each other in the circumferential direction, and the blade tip (27) and the heat shield (12) have means (22, 23, 24) which enable a directed cutting of the blade tip (27) into the heat shield (12), and wherein the heat shield (12) has a porous thermal barrier coating (23) as an outer, abradable coating, **characterized in that** the porous thermal barrier coating (23) is a porous ceramic coating and **in that** the blade tip (27) is provided only with a homogenous, metallic cover coating (24) consisting of MCrALY.

2. Blade arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the thermal turbomachine is a gas turbine, **in that** the blade is a rotor blade (11) which rotates around the axis (16), and **in that** the heat shield (12) is installed on the stator of the gas turbine in a fixed manner.

3. Blade arrangement according to Claim 1 and/or 2, **characterized in that** the porous ceramic coating consists of YSZ (yttrium oxide-stabilized zirconium oxide).

4. Blade arrangement according to Claim 3, **characterized in that** the porosity of the thermal barrier coating (23) is more than 20%.

5. Blade arrangement according to Claim 3 or 4, **characterized in that** an adhesion coating (22), especially consisting of MCrAlY, is arranged between the heat shield (12) and the thermal barrier coating (23).

6. Blade arrangement according to Claim 2, **characterized in that** the rotor blade (11) is part of the first rotor-blade row in the turbine section of the gas turbine.

Revendications

1. Agencement d'aubes (30) d'une turbomachine thermique comprenant au moins une aube (11) qui pénètre dans une direction radiale dans un canal (13) parcouru par du gaz chaud et disposé de manière concentrique par rapport à un axe (16) et qui se termine par une pointe d'aube (27), qui est opposée, avec un jeu (25), à un bouclier thermique (12) déli-

mitant le canal (13), l'aube (11) et le bouclier thermique (12) étant déplaçables l'un par rapport à l'autre dans la direction périphérique, et la pointe d'aube (27) et le bouclier thermique (12) présentant des moyens (22, 23, 24) qui permettent une insertion ciblée de la pointe d'aube (27) dans le bouclier thermique (12) et le bouclier thermique (12) présentant, en tant que couche extérieure pouvant être meulée, une couche poreuse d'isolation thermique (23), **caractérisé en ce que** la couche poreuse d'isolation thermique (23) est une couche poreuse en céramique et **en ce que** la pointe d'aube (27) est uniquement pourvue d'une couche de recouvrement métallique homogène (24) en MCrAlY.

2. Agencement d'aubes selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la turbomachine thermique est une turbine à gaz, **en ce que** l'aube est une aube mobile (11) tournant autour de l'axe (16) et **en ce que** le bouclier thermique (12) est monté fixement sur le stator de la turbine à gaz.

3. Agencement d'aubes selon la revendication 1 et/ou 2, **caractérisé en ce que** la couche poreuse en céramique se compose d'YSZ (oxyde de zirconium stabilisé à l'oxyde d'yttrium).

4. Agencement d'aubes selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la porosité de la couche d'isolation thermique (23) est supérieure à 20 %.

5. Agencement d'aubes selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'**entre le bouclier thermique (12) et la couche d'isolation thermique (23) est disposée une couche d'adhésion (22), en particulier en MCrAlY.

6. Agencement d'aubes selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'aube mobile (11) fait partie de la première rangée d'aubes mobiles dans la partie de turbine de la turbine à gaz.

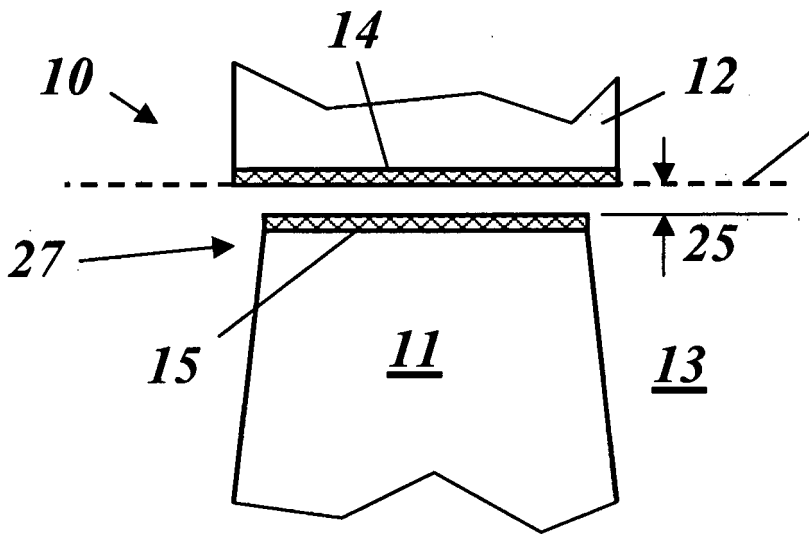

Fig.1

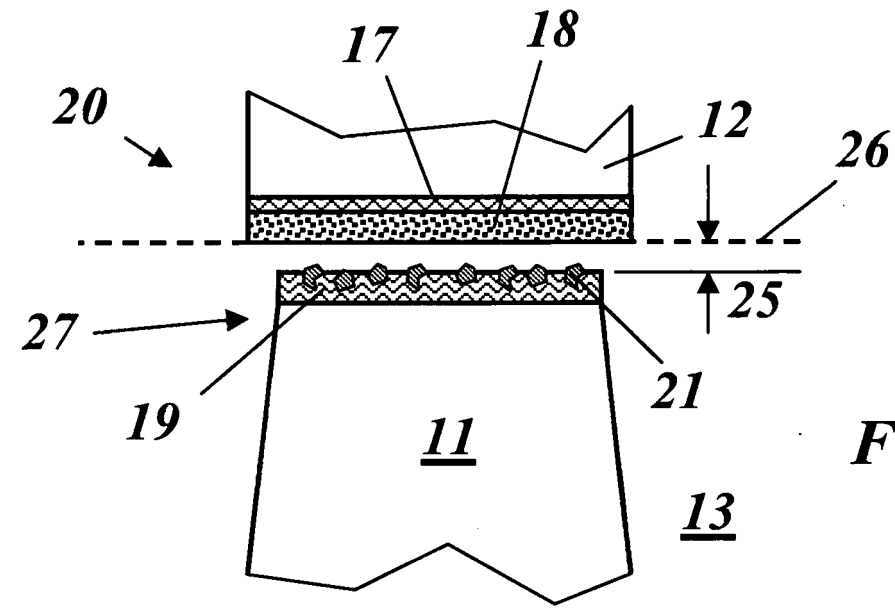

Fig.2

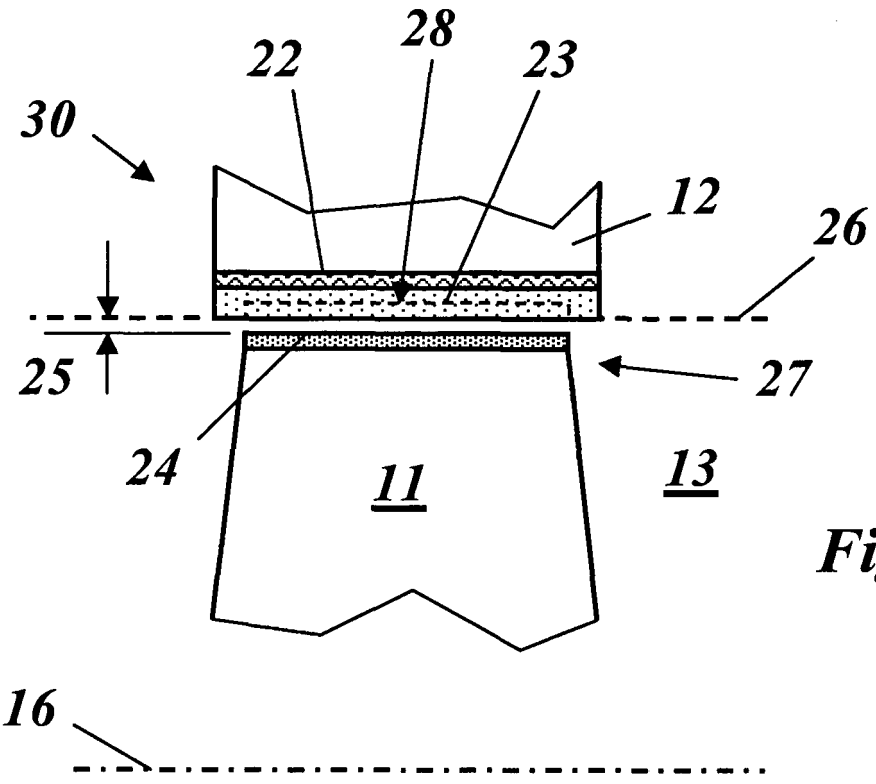

Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0166676 A2 **[0004]**
- EP 1312760 A2 **[0004]**
- US 2008166225 A1 **[0004]**
- US 5883314 A1 **[0006]**
- EP 0965730 A2 **[0007]**
- US 4936745 A **[0007]**
- US 2003175116 A1 **[0008]**