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

(11) **EP 2 384 392 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(21) Anmeldenummer: **10701375.7**

(22) Anmeldetag: **28.01.2010**

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 *(2006.01)* ***F01D 25/12*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/051018

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/086381 (05.08.2010 Gazette 2010/31)

(54) **GEKÜHLTES BAUELEMENT FÜR EINE GASTURBINE**

COOLED COMPONENT FOR A GAS TURBINE

ÉLÉMENT STRUCTURAL REFROIDI POUR 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: **30.01.2009 CH 1402009**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.11.2011 Patentblatt 2011/45

(73) Patentinhaber: **Ansaldo Energia IP UK Limited**
London W1G 9DQ (GB)

(72) Erfinder:
- **KRÜCKELS, Jörg**
  CH-5413 Birmenstorf (CH)
- **PATHAK, Milan**
  CH-5408 Ennetbaden (CH)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 889 201
US-A- 4 712 979
US-A1- 2002 062 945
US-B1- 6 402 464

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 2 384 392 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Gasturbinen. Sie betrifft ein gekühltes Bauelement für eine Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Bauelements.

Stand der Technik

[0002] Gasturbinen werden zur Steigerung des Wirkungsgrades für immer höhere Betriebstemperaturen ausgelegt. Besonderen thermischen Belastungen ausgesetzt sind dabei vor allem die Bauteile bzw. Bauelemente im Bereich der Brennkammer sowie die Lauf- und Leitschaufeln der nachfolgenden Turbine einschliesslich der übrigen, den Heissgaskanal begrenzenden Elemente. Um die auftretenden thermischen Belastungen wirkungsvoll zu begegnen, können einerseits besonders widerstandfähige Werkstoffe, wie z. B. Nickelbasislegierungen, eingesetzt werden. Andererseits müssen zusätzliche Massnahmen zur Kühlung der Bauelemente ergriffen werden, wobei unterschiedliche Kühlungsmethoden, wie z.B. die Filmkühlung oder die Prallkühlung, Anwendung finden.

[0003] Es ist bereits aus der US-B2-6,779,597 bekannt geworden, bei Bauelementen von Gasturbinen mehrstufige Prallkühlungsstrukturen vorzusehen, bei denen eine Wand, deren Vorderseite dem Heissgaskanal zugewandt ist, auf der Rückseite durch senkrecht auftreffenden Kühlluftstrahlen, die durch entsprechende Prallkühlungslöcher erzeugt werden, entsprechend prallgekühlt wird. Die Kühlwirkung wird dabei durch auf der Rückseite verteilt angeordnete, abstehende Pfosten oder Pins verstärkt, welche die Wärme abgebende Oberfläche vergrössern und Turbulenzen
in der Kühlluftströmung verstärken. Die Verteilungen der Prallkühlungslöcher und Pins in der Fläche sind dabei konstant. Die Durchmesser der Prallkühlungslöcher entsprechen dabei dem Durchmesser der Pins an der Basis. Die Dichte der Löcher ist wesentlich geringer als die Dichte der Pins. Es ist auch aus der EP0889201 bekannt geworden, bei Bauelementen von Gasturbinen Prallkühlungsstrukturen vorzusehen. Es ist weiterhin aus der US-A-4,719,748 bekannt geworden, beim Übergangsrohr zwischen den einzelnen Brennern und dem Eingang der nachfolgenden Turbine eine Prallkühlung vorzusehen, bei welcher mittels Prallkühlungslöchern erzeugte Kühlluftstrahlen auf die Rückseite der Rohrwände gerichtet werden. Durch Variation der Lochgrösse und/oder der Abstände zwischen den Löchern und/oder der Abstände von den Löchern zur Rohrwand wird die Kühlungsintensität variiert und der jeweiligen thermischen Belastung angepasst. Pins zur Verbesserung des Wärmeübergangs sind nicht vorgesehen.

[0004] Besondere Bedeutung kommt der Kühlung den Leitschaufeln in den ersten Stufen der Turbine zu, weil in diesem Bereich die höchsten Temperaturen in der Gasturbine auftreten. In der US-B2-7,097,418 ist bereits beschrieben worden, wie die äussere Plattform einer Leitschaufel auf besonders einfache Weise mittels einer zweistufigen Prallkühlung gekühlt werden kann, wobei in einer ersten Stufe der Bereich an der Hinterkante der Schaufel gekühlt wird, und dann die von dort abströmende Kühlluft in einer zweiten Stufe die Plattform an der Vorderkante kühlt. In beiden Stufen werden unterschiedlich positionierte und beabstandete Prallkühlungslöcher (30, 38 in Fig. 3) eingesetzt. Pins auf der Rückseite des Plattformbodens kommen nicht zum Einsatz.

[0005] Die Variation der Prallkühlungslöcher zur Anpassung an sich verändernde thermische Belastungen hat zur Folge, dass sich in der Regel auch die benötigte Kühlluftmenge verändert. Werden - bei gleich bleibenden Lochdurchmesser - mehr Löcher pro Flächeneinheit eingesetzt, erhöht sich auch die verbrauchte Kühlluftmenge, was zu einer Minderung des Wirkungsgrades der Maschine führt.

Darstellung der Erfindung

[0006] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein gekühltes Bauelement einer Gasturbine, insbesondere bei einer mit einer Plattform versehenen Leitschaufel, zu schaffen, deren Kühlung an die lokal variierende thermische Belastung optimal angepasst ist, ohne einen unnötigen Mehrverbrauch an Kühlluft zu verursachen, d.h. es wird bei gleicher Kühlungsintensität eine Minimierung der eingesetzten Kühlluft erzielt.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Es ist eine wesentliche Komponente der Erfindung, dass die thermisch belastete und zu kühlende Wand auf ihrer Rückseite in flächiger Verteilung eine Vielzahl von aus der Wand hervorstehenden Pins aufweist, und dass die Verteilung der Pins innerhalb der thermischen kritischen Zonen des Bauelements eine höhere Dichte aufweist als in den übrigen Bereichen. Hierdurch kann lokal der Wärmeübergang zwischen Wand und Kühlluft verändert und der thermischen Belastung angepasst werden, ohne dass zwingend eine grössere Kühlluftmenge eingesetzt werden muss.

[0008] Eine Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung der auf die Rückseite der Wand gerichteten Strahlen ein mit verteilt angeordneten Prallkühlungslöchern versehenes Prallkühlungsblech umfassen.

[0009] Besonders effektiv ist die Kühlung, wenn gemäss einer anderen Ausgestaltung der Erfindung das Prallkühlungsblech mit Abstand im wesentlichen parallel zur Rückseite der Wand angeordnet ist, und die Verteilung der Prallkühlungslöcher auf die Verteilung der Pins derart abgestimmt ist, dass in einer Richtung senkrecht zum Prallkühlungsblech gesehen die Prallkühlungslö-

cher jeweils zwischen den Pins liegen.

[0010] Die Variation der Kühlung kann dadurch intensiviert werden, dass die Dichte der Prallkühlungslöcher mit der Dichte der Pins korreliert ist. Insbesondere kann die Dichte der Prallkühlungslöcher und die Dichte der Pins örtlich gleich sein.

[0011] Vorzugsweise ist das Bauelement eine Leitschaufel einer Gasturbine, welche ein sich in einer Längsrichtung erstreckendes Schaufelblatt und eine an das Schaufelblatt anschliessende, sich quer zur Längsrichtung erstreckende Plattform umfasst, deren Boden die thermisch belastete, durch Prallkühlung gekühlte Wand ist und am Übergang zum Schaufelblatt eine Hohlkehle ausbildet, wobei die Verteilung der Pins zur Hohlkehle hin eine höhere Dichte aufweist als in den von der Hohlkehle entfernten übrigen Bereichen.

Kurze Erläuterung der Figuren

[0012] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind weggelassen worden. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch den oberen Teil einer Gasturbinen-Leitschaufel mit Plattform, mit örtlich variierender Prallkühlung, gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 das bei der Leitschaufel aus Fig. 1 eingesetzte Prallkühlungsblech in der Draufsicht von oben;

Fig. 3 die bei der Leitschaufel aus Fig. 1 eingesetzte Verteilung von Pins in der Draufsicht von oben (die Pins sind perspektivisch gezeichnet) und

Fig. 4 von oben gesehen, die korrelierten Verteilungen von Prallkühlungslöchern und Pins gemäss Fig. 1-3.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0013] In Fig. 1 ist im Längsschnitt der obere Teil einer Gasturbinen- Leitschaufel mit Plattform und örtlich variierender Prallkühlung gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben. Die Leitschaufel 10 hat insgesamt eine ähnliche Konfiguration, wie sie in der eingangs erwähnten US-B2-7,097,418 beschrieben wird. Sie umfasst ein sich in der Schaufellängsrichtung erstreckendes Schaufelblatt 11, an dessen oberem Ende eine Plattform 12 angeformt ist, die sich im wesentlichen quer zur Längsrichtung der Schaufel erstreckt. Die Plattform 12 hat einen Boden bzw. eine Wand 12a, deren Unterseite vom durch die Turbine strömenden Heissgas beaufschlagt ist, und die auf der Oberseite durch eine Prallkühlung gekühlt wird.

[0014] Dazu ist auf der Oberseite der Plattform 12 ein Hohlraum 13 ausgebildet, der von einem zur Wand 12a parallel angeordneten Prallkühlungsblech 14 abgedeckt wird. Im Prallkühlungsblech 14 sind in einer vorgegebenen Verteilung Prallkühlungslöcher 16 vorgesehen, durch die komprimierte Kühlluft in Form von einzelnen Kühlluftstrahlen (siehe die Pfeile in Fig. 1) in den Hohlraum 13 eintritt und auf die gegenüberliegende Rückseite der Wand 12a aufprallt. Beim Aufprall und dem danach folgenden turbulenten Kontakt mit der Rückseite der Wand 12a nimmt die Kühlluft Wärme von der Wand 12a auf und wird anschliessend aus dem Hohlraum 13 (auf in Fig. 1 nicht dargestelltem Wege) abgeleitet. Die flächige Verteilung der Prallkühlungslöcher 16 ist in Fig. 2 zu sehen.

[0015] Zur Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen Wand 12a und der Kühlluft sind auf der Rückseite der Wand 12a senkrecht abstehende, kegel- oder pyramidenförmige Pins 15 angeordnet (siehe auch Fig. 3, in der die Pins 15 perspektivisch eingezeichnet sind), welche die Kontaktfläche zwischen Wand und Kühlluftstrom vergrössern und die Turbulenzen intensivieren. Wie aus Fig. 4 zu erkennen ist, ist die Dichte der Prallkühlungslöcher 16 und die Dichte der Pins 15 örtlich unterschiedlich, aber gleichzeitig miteinander korreliert, d.h. in den Bereichen, wo die Dichte der Pins 15 erhöht ist (Verdichtungsbereich 18), ist auch die Dichte der Prallkühlungslöcher 16 erhöht, und umgekehrt. Insbesondere sind lokal die Dichten der beiden gleich. Die Prallkühlungslöcher 16 sind vorzugsweise "auf Lücke", also auf Zwischenräume, mit den Pins 15 angeordnet: Zwischen zwei parallelen Reihen von Pins 15 ist jeweils versetzt eine Reihe von Prallkühlungslöchern 16 mit derselben Periodizität platziert.

[0016] Erfahrungsgemäss gibt es bei einer Leitschaufel der in Fig. 1 wiedergegebenen Art an der Plattform 12 kritische Zonen A_c, in denen Vorkehrungen gegen die thermische Belastung besonders wichtig sind. Eine solche kritische Zone ist die Hohlkehle zwischen der Wand 12a der Plattform 12 und dem Schaufelblatt. Um an dieser Stelle der Plattform 12, d.h. am Übergang zum Schaufelblatt die Kühlwirkung lokal zu erhöhen, ist in einem an die Hohlkehle unmittelbar angrenzenden Verdichtungsbereich 18 (in Fig. 4 grau unterlegt) die Dichte der Pins 15 gegenüber dem übrigen Bereich deutlich erhöht. Zusätzlich ist auch die Dichte der Prallkühlungslöcher 16 in diesem Bereich 18 erhöht, und zwar analog zur Dichte der Pins 15. Der Übergang zwischen den Bereichen unterschiedlicher Loch- und Pindichte kann dabei stetig ausgebildet sein.

[0017] Hierdurch wird die Wärmeabfuhr im Bereich der Hohlkehle deutlich verbessert, wodurch die Auswirkungen der thermischen Belastung begrenzt werden können.

[0018] Es versteht sich von selbst, dass im Rahmen der Erfindung und durch die erfindungsgemässen Vorkehrungen nicht nur kritische Bereiche der Leitschaufeln,

sondern auch anderer thermisch belasteter Bauelemente der Gasturbine kühlungstechnisch "entschärft" werden können.

Bezugszeichenliste

[0019]

10	Leitschaufel (Gasturbine)
11	Schaufelblatt
12	Plattform
12a	Wand (Plattform)
13	Hohlraum
14	Prallkühlungsblech
15	Pin
16	Prallkühlungsloch
17	Prallkühlungsmuster
18	Verdichtungsbereich
A_c	kritische Zone (Hohlkehle)

Patentansprüche

1. Gekühltes Bauelement (10) für eine Gasturbine, welches zur Kühlung einer auf einer Vorderseite thermisch belasteten Wand (12a) auf der Rückseite der Wand (12a) in flächiger Verteilung (17) eine Vielzahl von aus der Wand hervorstehenden Pins (15) aufweist, sowie Mittel (14, 16) zur Erzeugung von im Bereich der Pins (15) auf die Rückseite der Wand (12a) gerichteten, der Prallkühlung dienenden Strahlen eines Kühlmediums, wobei die Mittel zur Erzeugung der auf die Rückseite der Wand gerichteten Strahlen ein Prallkühlungsblech (14) mit verteilt angeordneten Prallkühlungslöchern (16) umfassen, und dass die Dichte der Prallkühlungslöcher (16) mit der Dichte der Pins (15) korreliert ist wobei die Verteilung der Pins (15) innerhalb kritischer Zonen (A_c) des Bauelements (10) eine höhere Dichte aufweist als in den übrigen Bereichen des Bauelements, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Bereichen wo die Dichte der Pins erhöht ist, ist auch di Dichte der Prallkühlungslöchern (16) erhöht, und umgekehrt.

2. Gekühltes Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Prallkühlungsblech (14) mit Abstand im wesentlichen parallel zur Rückseite der Wand (12a) angeordnet ist, und dass die Verteilung der Prallkühlungslöcher (16) auf die Verteilung der Pins (15) derart abgestimmt ist, dass in einer Richtung senkrecht zum Prallkühlungsblech (14) gesehen die Prallkühlungslöcher (16) jeweils zwischen den Pins (15) liegen.

3. Gekühltes Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichte der Prallkühlungslöcher (16) und die Dichte der Pins (15) örtlich gleich sind.

4. Gekühltes Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauelement eine Leitschaufel (10) der Gasturbine ist, welche ein sich in einer Längsrichtung erstreckendes Schaufelblatt (11) und eine an das Schaufelblatt (11) anschliessende, sich quer zur Längsrichtung erstreckende Plattform (12) umfasst, deren Boden die thermisch belastete, durch Prallkühlung gekühlte Wand (12a) ist, und am Übergang zum Schaufelblatt (11) eine Hohlkehle (A_c) ausbildet, und dass die Verteilung der Pins (15) zur Hohlkehle (A_c) hin eine höhere Dichte aufweist als in den von der Hohlkehle (A_c) entfernten übrigen Bereichen.

5. Verfahren zum Betrieb eines gekühlten Elements für eine Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 -4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung des Wärmeüberganges zwischen Wand (12a) und Kühlluft, welche in Form von einzelnen durch Prallkühlluftlöcher (16) strömenden Kühlluftstrahlen zum Einsatz kommt, strömen diese Kühlluftstrahlen auf der Rückseite dieser Wand, welche mit senkrecht abstehenden, kegel-oder pyramidenförmigen Pins (15) ausgestattet ist, dass die Kühlluftstrahlen zwischen den von den Pins gebildeten Zwischenräumen aufprallen, dergestalt, dass bei diesem Aufprall eine auf die Wand wirkende turbulente Strömung entsteht, welche eine zusätzlich Kühlung bewirkt.

Claims

1. Cooled component (10) for a gas turbine which, in order to cool a wall (12a) thermally loaded on the front side, comprises a plurality of pins (15) protruding from the wall and distributed (17) superficially on the back of the wall (12a), and means (14, 16) for creating jets of a cooling medium which are directed onto the back of the wall (12a) in the region of the pins (15) and serve for impingement cooling, wherein the means for generating the jets onto the back of the wall comprises an impingement cooling plate (14) with impingement cooling holes (16) arranged in distributed fashion, and the density of the impingement cooling holes (16) correlates with the density of the pins (15), wherein the distribution of the pins (15) within critical zones (Ac) of the component (10) has a higher density than in the other regions of the component, **characterised in that** in the regions in which the density of the pins is higher, the density of the impingement cooling holes (16) is also higher and vice versa.

2. Cooled component according to claim 1, **characterised in that** the impingement cooling plate (14) is arranged spaced from and substantially parallel to

the back of the wall (12a), and that the distribution of the impingement cooling holes (16) is matched to the distribution of the pins (15) such that, viewed in a direction perpendicular to the impingement cooling plate (14), the impingement cooling holes (16) each lie between the pins (15).

3. Cooled component according to claim 1, **characterised in that** the density of the impingement cooling holes (16) and the density of the pins (15) are locally the same.

4. Cooled component according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the component is a guide vane (10) of the gas turbine which comprises a blade (11) extending in a longitudinal direction and a platform (12) adjoining the blade (11) and extending transversely to the longitudinal direction, the base of which is the thermally loaded wall (12a) cooled by the impingement cooling, and a hollow groove (Ac) is formed at the transition to the blade (11), and that the distribution of the pins (15) has a higher density towards the hollow groove (Ac) than in the other regions remote from the hollow groove (Ac).

5. Method for operating a cooled component of a gas turbine according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** to improve the heat transfer between the wall (12a) and the cooling air, which is used in the form of individual cooling air jets flowing through impingement cooling air holes (16), these cooling air jets flow onto the back of this wall which is fitted with perpendicularly protruding conical or pyramidal pins (15), that the cooling air jets impact between the spaces formed by the pins such that on this impact, a turbulent flow is generated which acts on the wall and causes an additional cooling.

Revendications

1. Elément (10) refroidi pour une turbine à gaz, lequel, pour le refroidissement d'une paroi (12a) exposée à des contraintes thermiques sur un côté avant, présentes sur le côté arrière de la paroi (12a), selon une répartition plane (17), une multiplicité de pointes (15) dépassant de la paroi, ainsi que des moyens (14, 16) pour la production de jets d'un agent de refroidissement dirigés dans la zone des pointes (15) vers le côté arrière de la paroi (12a) et servant au refroidissement par impact, les moyens pour la production des jets dirigés vers le côté arrière de la paroi comprenant une tôle de refroidissement par impact (14) avec des trous de refroidissement par impact (16) disposés de façon répartie, et la densité des trous de refroidissement par impact (16) étant corrélée avec la densité des pointes (15), la répartition des pointes (15) à l'intérieur des zones critiques (A_c) de l'élément (10) présentant une densité plus élevée que dans les autres zones de l'élément, **caractérisé en ce que**, dans les zones où la densité des pointes est accrue, la densité des trous de refroidissement par impact (16) est également accrue, et inversement.

2. Elément refroidi selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la tôle de refroidissement par impact (14) est disposée de façon espacée, essentiellement parallèle au côté arrière de la paroi (12a), et **en ce que** la répartition des trous de refroidissement par impact (16) est harmonisée avec la répartition des pointes (15) de telle sorte que, vu dans une direction perpendiculaire à la tôle de refroidissement par impact (14), les trous de refroidissement par impact (16) sont situés respectivement entre les pointes (15).

3. Elément refroidi selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la densité des trous de refroidissement par impact (16) et la densité des pointes (15) sont localement identiques.

4. Elément refroidi selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'élément est une aube directrice (10) de la turbine à gaz qui comprend une ailette (11) s'étendant dans une direction longitudinale et une plate-forme (12), se raccordant à l'ailette (11) et s'étendant transversalement à la direction longitudinale, dont le fond est la paroi (12a) exposée à des contraintes thermiques et refroidie par refroidissement par impact, et forme une cannelure (A_c) au niveau de la transition vers l'ailette (11), et **en ce que** la répartition des pointes (15) présente une densité plus élevée en direction de la cannelure (A_c) que dans les zones restantes éloignées de la cannelure (A_c).

5. Procédé de fonctionnement d'un élément refroidi pour une turbine à gaz selon l'une des revendications 1 - 4, **caractérisé en ce que**, pour améliorer le transfert thermique entre la paroi (12a) et l'air de refroidissement mis en oeuvre sous la forme de jets d'air de refroidissement individuels s'écoulant à travers des trous de refroidissement par impact (16), ces jets d'air de refroidissement s'écoulent sur le côté arrière de cette paroi équipée de pointes (15) de forme conique ou pyramidale dépassant perpendiculairement, **en ce que** les jets d'air de refroidissement réalisent un impact entre les espaces intermédiaires formés par les pointes de telle sorte que, lors de cet impact, il apparaît un écoulement turbulent agissant sur la paroi, qui provoque un refroidissement supplémentaire.

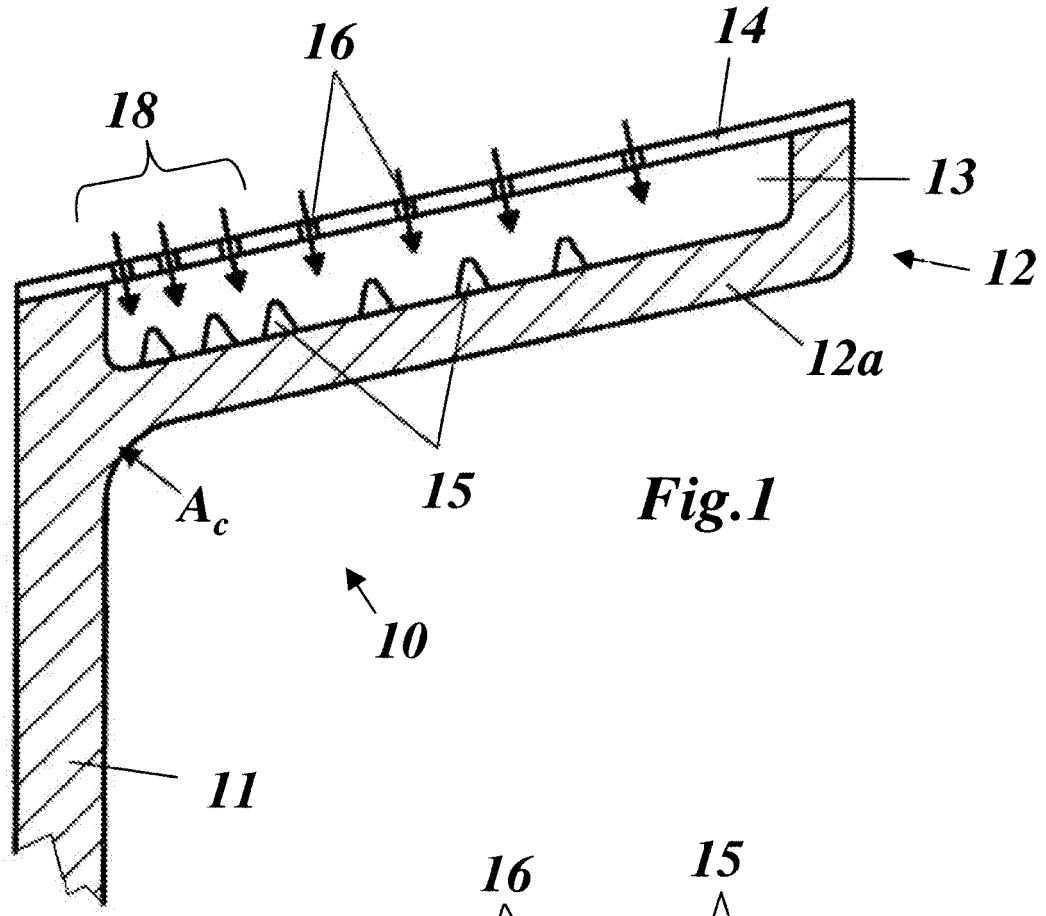


Fig.1

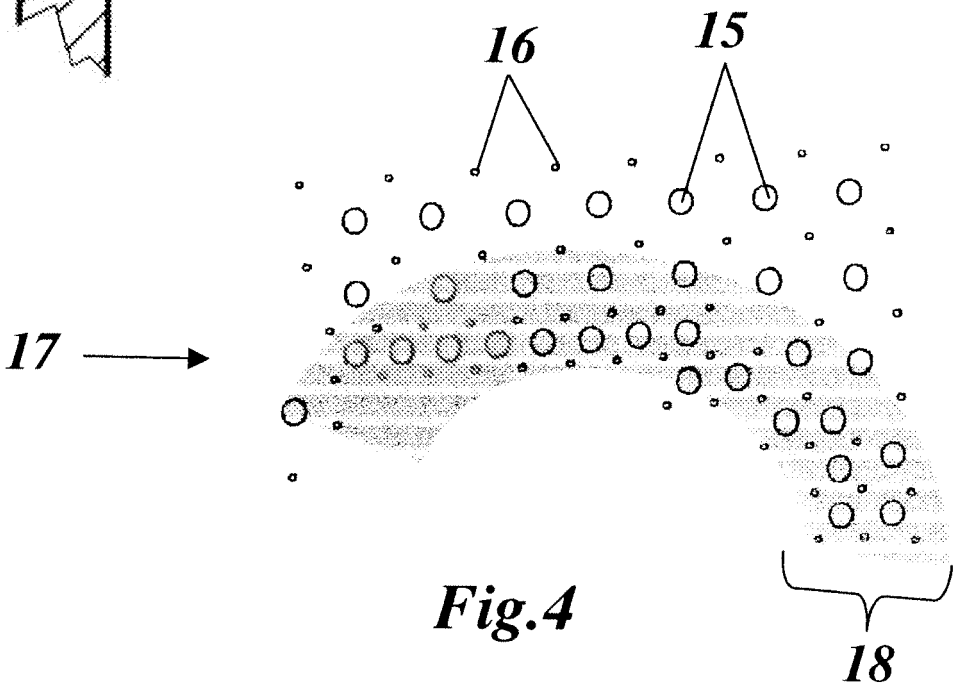


Fig.4

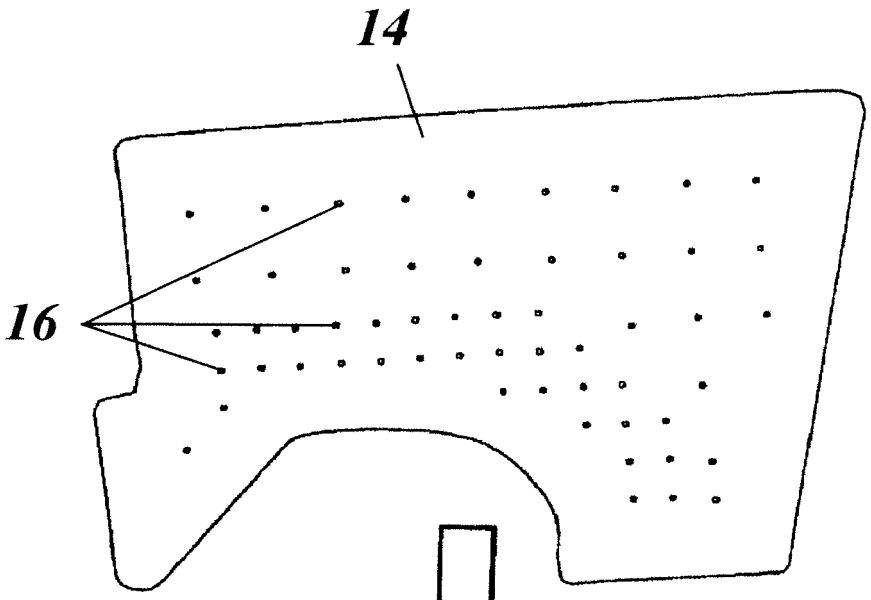


Fig.2

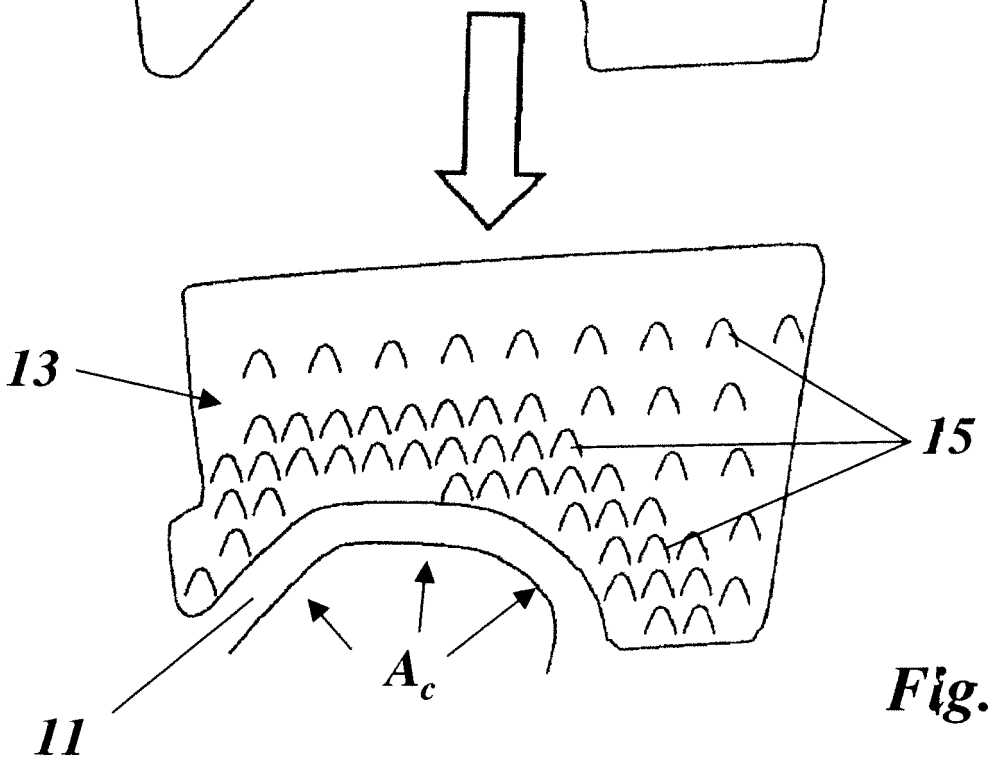


Fig.3

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

- US 6779597 B2 **[0003]**
- EP 0889201 A **[0003]**
- US 4719748 A **[0003]**
- US 7097418 B2 **[0004] [0013]**