



(11)

EP 2 255 074 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.05.2012 Patentblatt 2012/22

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09716222.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/050313

(22) Anmeldetag: **13.01.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/109410 (11.09.2009 Gazette 2009/37)

(54) **TROPFENSCHLAGSCHUTZSCHICHT FÜR EINE SCHAUFEL**

DROPLET IMPACT PROTECTION LAYER FOR A BLADE

COUCHE DE PROTECTION CONTRE LE BATTEMENT DE GOUTTES DESTINÉE À UNE AUBE

(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 TR**

(30) Priorität: **29.02.2008 EP 08003815**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.12.2010 Patentblatt 2010/48

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **DAVID, Walter**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **SCHÜRHOFF, Jörg**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 507 131 GB-A- 347 138
US-B1- 6 527 165 US-B1- 6 670 049

EP 2 255 074 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, wobei die Schaufel ein Schaufelblatt aufweist, wobei auf der Schaufelblattoberfläche eine Schutzschicht umfassend eine Matrix und einen Hartstoff angeordnet ist.

[0002] Unter der Bezeichnung Strömungsmaschinen werden Wasserturbinen, Dampf- und Gasturbinen, Windräder, Kreiselpumpen und Kreiselverdichter sowie Propeller zusammengefasst. Diesen Maschinen ist gemeinsam, dass sie dem Zweck dienen, einem Fluid Energie zu entziehen, um damit eine andere Maschine anzutreiben oder umgekehrt einem Fluid Energie zuzuführen, um dessen Druck zu erhöhen.

[0003] Bei Dampfturbinen als Ausführungsform einer Strömungsmaschine, bildet die Tropfenschlagerosion ein unerwünschtes Phänomen. Die Tropfenschlagerosion kann an den Eintrittskanten der Laufschaufeln auftreten. Im Dampfstrom bei Dampfturbinen können sich unter Umständen Nebeltröpfchen bilden, die von den Leitschaufeln eingefangen und gesammelt werden. Diese Nebeltröpfchen können zu vergleichsweise großen Wassertropfen heranwachsen und schließlich von der Abströmkante der Leitschaufel abreißen. Aufgrund ihrer hohen kinetischen Energie führen diese Wassertropfen vorzugsweise an den Laufschaufeleintrittskanten zu der sogenannten Tropfenschlagerosion, bei der die Oberfläche der Laufschaufeleintrittskante durch Materialabtragung beschädigt wird. Die Tropfen weisen hierbei einen Durchmesser in der Größenordnung von $50\mu\text{m}$ bis $400\mu\text{m}$ auf. Wesentlich kleinere Tropfen sind harmlos und größere kommen nicht vor.

[0004] Es sind verschiedene Maßnahmen vorhanden, die eine Tropfenschlagerosion vermeiden sollen. So ist es beispielsweise bekannt, die auf den Leitschaufeln heranwachsenden Wassertröpfchen abzusaugen.

[0005] Des Weiteren ist es bekannt, die Laufschaufeleintrittskanten mit einer Schutzschicht zu versehen. Es ist ebenso bekannt die Laufschaufeleintrittskanten zu härten, damit eine Materialabtragung vermieden wird.

[0006] Die US 6,670,049 A offenbart eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, wobei die Schaufel ein Schaufelblatt aufweist, wobei auf der Schaufelblattoberfläche eine Schutzschicht umfassend eine Matrix und einen Hartstoff angeordnet ist.

[0007] Wünschenswert wäre es Tropfenschlagerosion durch eine effektive Schutzschicht zu vermeiden. An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist eine wirksame Schutzschicht auf einer Schaufel auszubilden, um die Tropfenschlagerosion zu vermeiden.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, wobei die Schaufel ein Schaufelblatt aufweist, wobei auf der Schaufelblattoberfläche eine Schutzschicht umfassend eine Matrix und einen Hartstoff angeordnet ist, wobei mehrere aus dem Hartstoff gebildete Platten derart in der Matrix angeordnet sind, dass die Platten überlappend zueinander ent-

lang der Schaufelblattoberfläche angeordnet sind und eine gebogene Form aufweisen.

[0009] Somit wird der Weg eingeschlagen, eine Schutzschicht aus im Wesentlichen zwei Bestandteilen auszubilden, nämlich einer Matrix und einem in dieser Matrix angeordneten Hartstoff. Dieser Hartstoff ist als Platte ausgebildet und derart in der Matrix angeordnet, dass die Platten zum einen übereinander und nebeneinander liegen und zum anderen überlappend zueinander angeordnet sind. Durch die Überlappung wird wirksam verhindert, dass ein Tropfen der auf diese Schutzschicht fällt höchstens die Matrix durch einen Aufprall bis zu einer Platte abtragen kann. Da die Platten nebeneinander, übereinander und dazu noch überlappend zueinander angeordnet sind, kann es höchstens vorkommen, dass die Materialabtragung der Matrix bis zu einer Platte erfolgt und somit eine weitere Materialabtragung gestoppt wird. Die unter der Schutzschicht liegende Schaufelblattoberfläche wird somit gänzlich von den Wassertropfen ferngehalten. Eine Tropfenschlagerosion ist demnach an der Schaufelblattoberfläche nicht mehr möglich.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] So ist es vorteilhaft, wenn die Platten im Wesentlichen parallel zur Schaufelblattoberfläche angeordnet sind. Denkbar sind jegliche Anordnungen der Platten zueinander, die sozusagen eine blickdichte Anordnung aufweisen. Unter der blickdichten Anordnung ist folgendes zu verstehen: Eine in Richtung der Schaufelblattoberfläche, d.h. zu einer Flächennormalen, führenden Blickrichtung wird ein durchgehender Blick auf die Schaufelblattoberfläche sozusagen verwehrt durch die Anordnung der Platten. Eine im Wesentlichen parallele Anordnung der Platten zur Schaufelblattoberfläche ist vergleichsweise kostengünstig herstellbar, da lediglich eine Verschiebung der Platten nebeneinander bzw. übereinander zu erfolgen hat.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die Matrix eine metallische Matrix. Die metallische Matrix kann beispielsweise aus lötbaren einzelnen Metallen (z.B. Kupfer Cu, Silber Ag, Nickel Ni, Kobalt Co, Zinn Sn, Blei Pb) oder auch aus Legierungen auf deren Basis bestehen (z.B. Ag-Sn, Cu-Ni, Sn-Cu, Pb-Ag, Ni-Cr).

[0013] Die Matrix soll neben der einfachen Aufnahme der aus Hartstoff gebildeten Platten auch einen gewissen Schutz vor Tropfenschlagerosion aufweisen. Eine metallische Matrix bietet einen Schutz vor Tropfenschlagerosion, was zu einer geringeren Materialabtragung führt.

[0014] Vorteilhafter Weise ist die Schutzschicht als Folie ausgebildet. Eine Folie ist naturgemäß leicht auf eine nicht ebene Flächen aufzubringen. Die Schaufelblattoberfläche weist eine in der Regel nicht ebene Geometrie auf. Eine Folie ist in der Regel flexibel und kann daher leicht auf die Schaufelblattoberfläche angeordnet werden. Vorteilhafter Weise ist die Matrix ein Lot. Ein Lot besteht meist aus einer Legierung aus verschiedenen Metallen und wird zum Löten verwendet. Das Lot hat die

Eigenschaft, dass der Schmelzpunkt dieser Legierung niedriger ist als der der einzelnen Metalle. Es sind verschiedene Materialien für ein Lot im Stand der Technik bekannt. Das Lot muss grundsätzlich geeignet sein, um an eine Schaufel durch Lötung angeordnet zu werden. Das Lot kann beispielsweise aus lötbaren einzelnen Metallen (z.B. Kupfer Cu, Silber Ag, Nickel Ni, Kobalt Co, Zinn Sn, Blei Pb) oder auch aus Legierungen auf deren Basis (z.B. Ag-Sn, Cu-Ni, Sn-Cu, Pb-Ag, Ni-Cr) bestehen.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung besteht der Hartstoff aus einzelnen harten Metallen bzw. Stählen (z.B. gehärteter Stahl), Metall-Legierungen (z.B. Co-Basis Legierungen wie "Stellite") oder aus keramischen Werkstoffen (z.B. Karbide wie Wolframkarbid, Oxide wie Aluminiumoxid, Nitride wie Titanitrid).

[0016] Vorteilhafter Weise weist der Hartstoff eine Härte größer als 400 HV auf.

[0017] Diese Materialien haben sich als besonders vorteilhaft und geeignet für den Einsatz als Hartschicht erwiesen, die zu Platten geformt werden können und bieten einen hervorragenden Schutz vor Tropfenschlagerosion.

[0018] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beigefügten schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Querschnittsansicht durch einen Teil der Schaufelblattoberfläche mit einer Schutzschicht aus einer Matrix und sphärischen Hartstoffen,

Figur 2 eine Querschnittsansicht einer nicht zur Erfindung gehörenden Schaufelblattoberfläche mit einer Schutzschicht aus einer Matrix und einem aus Hartstoff ausgebildeten Platten,

Figur 3 eine nicht zur Erfindung gehörende teilperspektivische Ansicht der Schutzschicht,

Figur 4 eine teilperspektivische Ansicht der Schutzschicht mit einer alternativen Ausführungsform der Platten.

[0019] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0020] Die Figur 1 zeigt eine Querschnittsansicht eines Teils einer Schaufelblattoberfläche 1 und einer Schutzschicht 2. Die Schutzschicht 2 wird auf eine nicht näher dargestellte Schaufel einer Strömungsmaschine aufgebracht. Eine Strömungsmaschine ist beispielsweise ein Dampfturbine oder eine Gasturbine. Die Schaufel weist ein mit einem Schaufelblattprofil geformtes Schaufelblatt auf. Solche Schaufelblätter werden vorzugsweise in Niederdruck-Dampfturbinen eingesetzt. In Niederdruck-Dampfturbinen bilden sich Tropfen 3 auf den Leitschaufeln aus. Diese Tropfen 3 treffen mit hoher kinetischer Energie mit einer Aufprallrichtung 3 auf die Schutzschicht

2 auf. In Folge der hohen kinetischen Energie der Tropfen 3 wird aus der Schutzschicht 2 ein Stück Material herausgeschlagen. Zurück bleibt eine Mulde 5.

[0021] Die in der Figur 1 dargestellte Schutzschicht umfasst eine Matrix 6 und einen in der Matrix 6 angeordneten Hartstoff 7 auf. Der Hartstoff 7 ist allerdings sphärisch oder prätzig ausgebildet. Es ist daher möglich, dass zwischen zwei Hartstoffen 7 ein Abstand herrscht. In solch einem Raum zwischen zwei Hartstoffen 7 können Tropfen 3 die Matrix 6 bis zur Schaufelblattoberfläche 1 abtragen.

[0022] In der Figur 2 ist eine nicht zur Erfindung gehörende Schutzschicht 2 zu sehen. Die in der Figur 2 dargestellte Schutzschicht 2 weist ebenso die Matrix 6 und einen Hartstoff 7 auf. Der Hartstoff 7 ist hier allerdings in mehreren Platten 10 ausgebildet. Die Platten 10 sind in der Figur 2 eben und gradlinig. Erfindungsgemäß sind die Platten 10 gebogen ausgeführt. So kann die Form der Platten 10 konkav oder konvex sein. Darüber hinaus können die Platten derart übereinander gestapelt sein, dass eine Schicht konkaver Platten über eine Schicht konvexer Platten liegt. Eine konvexe Platte zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Punkte auf der Oberfläche durch eine Gerade miteinander verbunden werden können, wobei diese Gerade nicht die Platte berührt. Eine konkave Platte zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Punkte auf der Oberfläche durch eine Gerade miteinander verbunden werden können, wobei diese Gerade die Platte berührt oder sogar durch die Platte geht. Beispielsweise wäre eine Hufeisenform oder eine U-Form möglich. Allerdings ist ein als Platte 10 ausgebildeter Hartstoff 7 vergleichsweise schnell und kostengünstig herstellbar. Die Schutzschicht 2 wird auf die Schaufelblattoberfläche 1 gelötet oder aufgeschmolzen.

[0023] Die Platten 10 werden dabei derart angeordnet, dass sie zum einen nebeneinander liegen und zum anderen auch übereinander allerdings versetzt zueinander angeordnet sind. Daher ist eine Überlappung der Platten 10 möglich. Ein aus der Aufprallrichtung 4 kommender Tropfen 3 kann nunmehr höchstens die Matrix 6 bis zu der Platte 10 abtragen. Ein Abtragen der Matrix 6 bis zur Schaufelblattoberfläche 1 ist nunmehr nicht mehr möglich, wegen der Versetzung bzw. Überlappung der Platten 10. In der Figur 2 rechtes Bild ist eine Momentaufnahme sozusagen dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Tropfen 3 die Matrix 6 höchstens bis zur ersten und zweiten Plattenebene 8, 9 abtragen können.

[0024] Die Platten 10 können schräg zur Schaufelblattoberfläche 1 angeordnet sein. Eine Biegung der Platte 10 ist ebenso möglich. Die Matrix 6 ist eine metallische Matrix. Die Schutzschicht 2 wird als Folie ausgebildet, d.h. die Schutzschicht 2 wird mit einer möglichst geringen räumlichen Ausdehnung in der Richtung der Normalen der Schaufelblattoberfläche 1 ausgebildet. Darüber hinaus sollte das Material der Matrix 6 derart gewählt werden, dass die Schutzschicht 2 flexibel und leicht biegsam ist.

[0025] Die Matrix 6 wird in einer alternativen Ausführungsform

rungsform aus Lot hergestellt. Mit diesem Material ist es möglich, die Schutzschicht 2 mittels einer Lötung mit der Schaufelblattoberfläche 1 direkt zu verbinden.

[0026] Der Hartstoff besteht aus einzelnen harten Metallen bzw. Stählen (z.B. gehärteter Stahl), Metall-Legierungen (z.B. Co-Basis Legierungen wie Stellite) oder aus keramischen Werkstoffen (z.B. Karbide wie Wolframkarbid, Oxide wie Aluminiumoxid, Nitride wie Titannitrid).

[0027] Des Weiteren kann die Schutzschicht 2 mittels einer Schmelzung mit der Schaufelblattoberfläche 1 verbunden werden.

[0028] In der Figur 3 ist eine nicht zur Erfindung gehörende perspektivische Ansicht der Schutzschicht 2 dargestellt. Die Platten 10 sind entlang der Schaufelblattoberfläche 1 nebeneinander und übereinander angeordnet. Die Platten 10 sind dabei überlappend zueinander angeordnet. Ein aus der Aufprallrichtung 4 kommender Tropfen 3 wird durch die versetzten übereinander und nebeneinander angeordneten Platten 10 daran gehindert, auf die Schaufelblattoberfläche 1 zu treffen.

[0029] In der Figur 4 ist eine perspektivische Ansicht der Schutzschicht 2 dargestellt. Im Wesentlichen ist der Aufbau der Schutzschicht 2 gemäß Figur 4 dem Aufbau der Schutzschicht 2 gemäß Figur 3 ähnlich. Der Unterschied besteht darin, dass die Platten konkav oder konvex gekrümmt sind.

Patentansprüche

1. Schaufel für eine Strömungsmaschine, wobei die Schaufel ein Schaufelblatt aufweist, wobei auf der Schaufelblattoberfläche (1) eine Schutzschicht (2) umfassend eine Matrix (6) und einen Hartstoff (7) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere aus dem Hartstoff (7) ausgebildete Platten (10) derart in der Matrix (6) angeordnet sind, dass die Platten (10) überlappend zueinander entlang der Schaufelblattoberfläche (1) angeordnet sind und eine gebogene Form aufweisen.
2. Schaufel nach Anspruch 1, wobei die Platten (10) im Wesentlichen parallel zur Schaufelblattoberfläche (1) angeordnet sind.
3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Matrix (6) eine metallische Matrix ist.
4. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schutzschicht (2) als Folie ausgebildet ist.
5. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Matrix (6) ein Lot ist.
6. Schaufel nach Anspruch 5,

wobei die Schutzschicht (2) mittels einer Lötung mit der Schaufelblattoberfläche (1) verbunden ist.

7. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Schutzschicht (2) mittels einer Schmelzung mit der Schaufelblattoberfläche (1) verbunden ist.
8. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Hartstoff (7) aus einzelnen harten Metallen bzw. Stählen (z.B. gehärteter Stahl), Metall-Legierungen (z.B. Co-Basis Legierungen wie "Stellite") oder aus keramischen Werkstoffen (z.B. Karbide wie Wolframkarbid, Oxide wie Aluminiumoxid, Nitride wie Titannitrid) besteht.

Claims

1. Blade for a turbomachine, the blade having a main blade part, wherein a protective layer (2) comprising a matrix (6) and a hard material (7) is arranged on the main blade part surface (1), **characterized in that** a plurality of plates (10) formed from the hard material (7) are arranged in the matrix (6) in such a manner that the plates (10) are arranged along the main blade part surface (1) overlapping one another and have an arcuate form.
2. Blade according to Claim 1, wherein the plates (10) are arranged substantially parallel to the main blade part surface (1).
3. Blade according to Claim 1 or 2, wherein the matrix (6) is a metallic matrix.
4. Blade according to one of the preceding claims, wherein the protective layer (2) is in the form of a foil.
5. Blade according to one of the preceding claims, wherein the matrix (6) is a solder.
6. Blade according to Claim 5, wherein the protective layer (2) is connected to the main blade part surface (1) by means of soldering.
7. Blade according to one of Claims 1 to 5, wherein the protective layer (2) is connected to the main blade part surface (1) by means of melting.
8. Blade according to one of the preceding claims, wherein the hard material (7) consists of individual hard metals or steels (e.g. hardened steel), metal alloys (e.g. Co-based alloys such as "Stellite alloys") or of ceramic materials (e.g. carbides such as tung-

sten carbide, oxides such as aluminium oxide, nitrides such as titanium nitride).

Revendications

5

1. Aube pour une turbomachine, l'aube ayant une lame d'aube, dans laquelle il est disposé sur la surface (1) de la lame d'aube, une couche (2) de protection comprenant une matrice (6) et une matière (7) dure, 10
caractérisé
en ce que plusieurs plaques (10) en la matière (7) dure sont disposées dans la matrice (6) de manière à ce que les plaques (10) se chevauchent l'une l'autre le long de la surface (1) de la lame d'aube et aient une forme courbée. 15
2. Aube suivant la revendication 1, dans laquelle les plaques (10) sont disposées sensiblement parallèlement à la surface (1) de la lame d'aube. 20
3. Aube suivant la revendication 1 ou 2, dans laquelle la matrice (6) est une matrice métallique.
4. Aube suivant l'une des revendications précédentes, 25
caractérisée en ce que la couche (2) de protection est constituée sous la forme d'une feuille.
5. Aube suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle la matrice (6) est une brasure. 30
6. Aube suivant la revendication 5, dans laquelle la couche (2) de protection est reliée à la surface (1) de la lame d'aube au moyen d'une brasure. 35
7. Aube suivant l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle la couche (2) de protection est reliée à la surface (1) de la lame d'aube au moyen d'une masse fondue. 40
8. Aube suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle la matière (7) dure est en métaux ou aciers durs individuels (par exemple en acier trempé), en alliages de métaux (par exemple alliages à base de Co comme « stellite ») ou en matériaux céramiques (par exemple en carbures, comme en carbure de tungstène, en oxydes, comme en oxyde d'aluminium, en nitrures, comme en nitrure de titane). 45
50

55

FIG 1

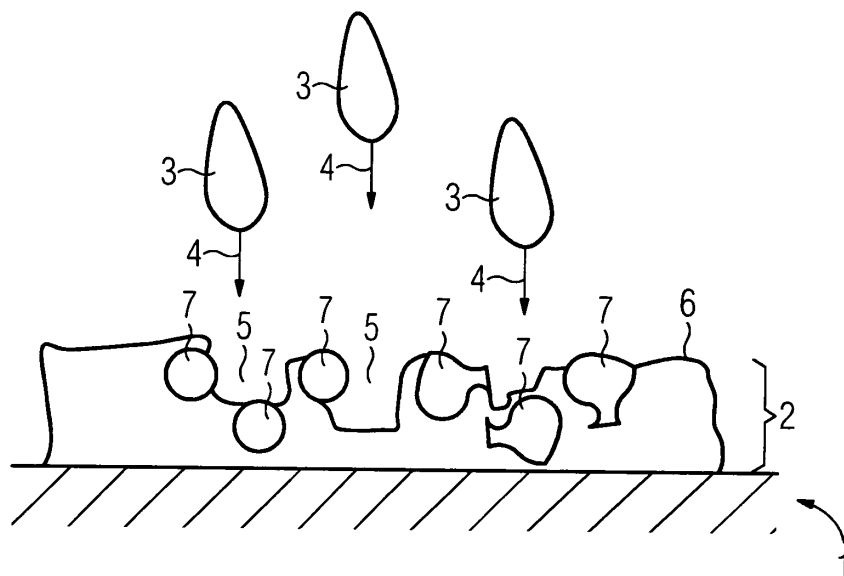


FIG 2

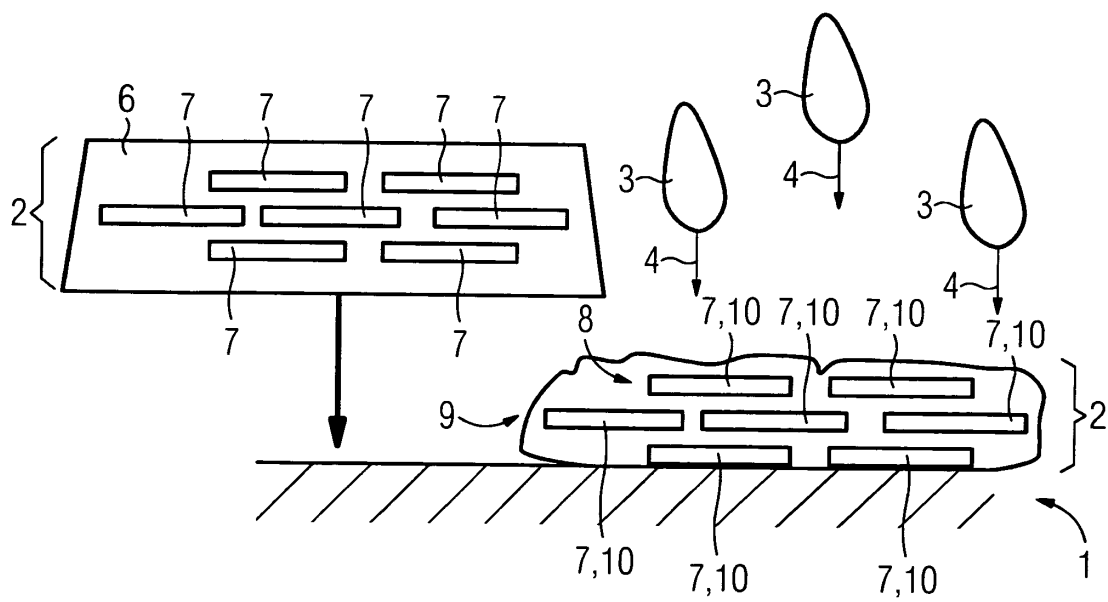


FIG 3

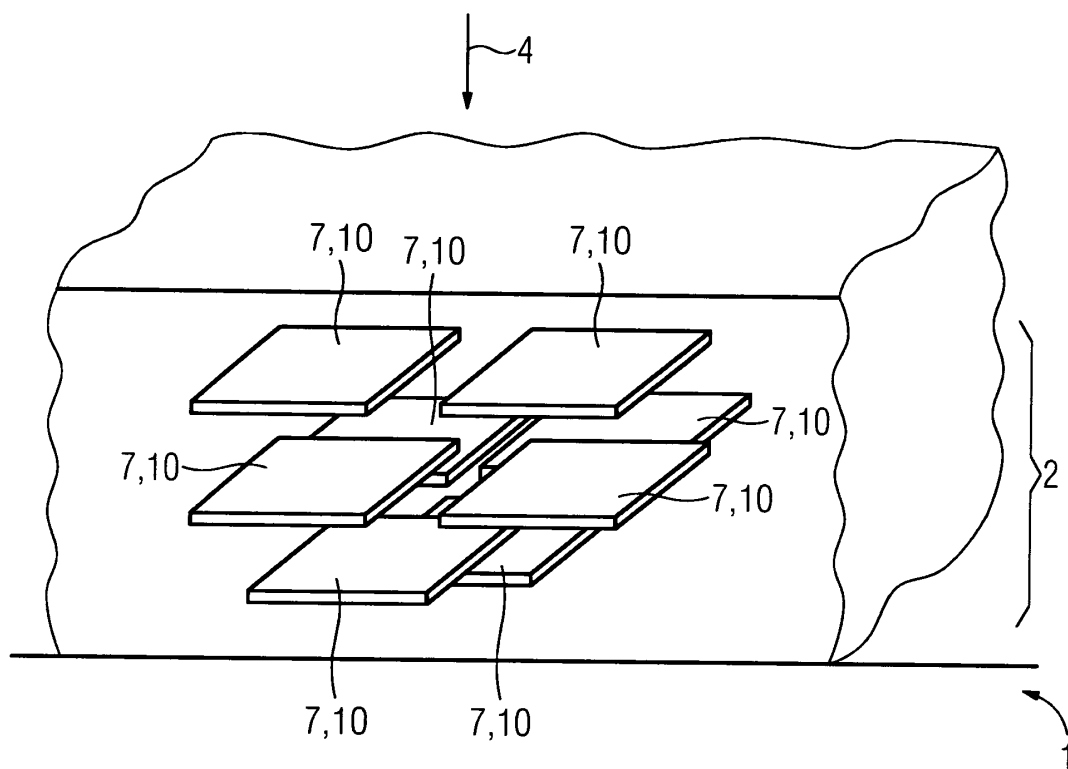
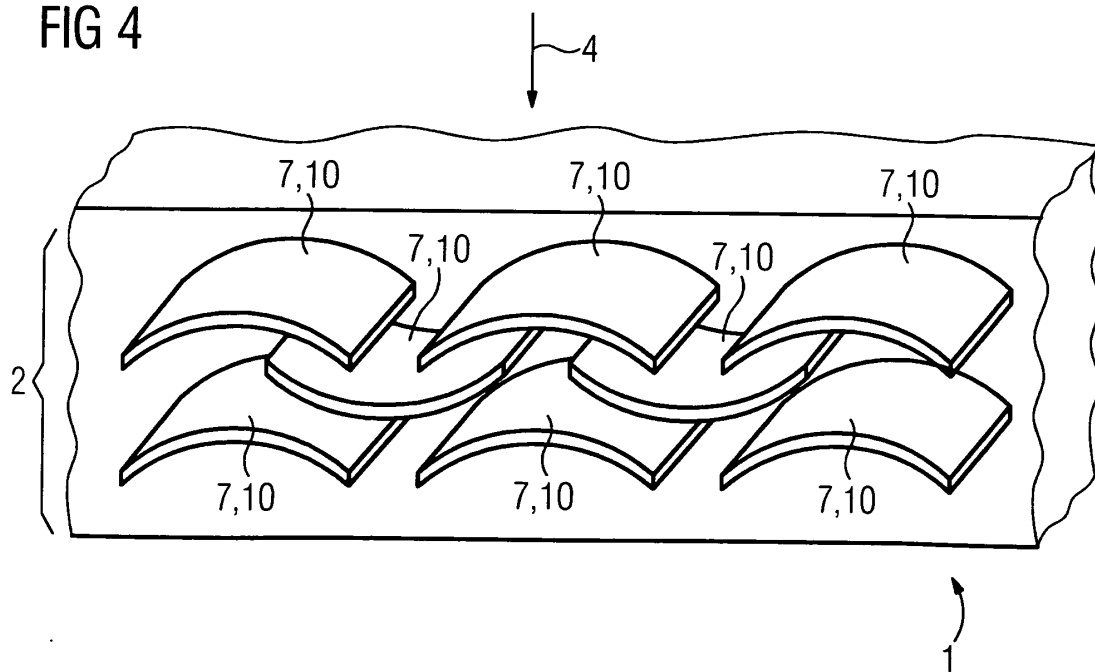


FIG 4



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 6670049 A [0006]