



(10) **DE 10 2009 034 025 A1** 2011.01.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 034 025.4**

(22) Anmeldetag: **21.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **27.01.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 11/12** (2006.01)

(71) Anmelder:

**MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE**

(72) Erfinder:

**Schober, Michael, 80999 München, DE; Sikorski,  
Siegfried, 80997 München, DE; Werner, André, Dr.,  
80995 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

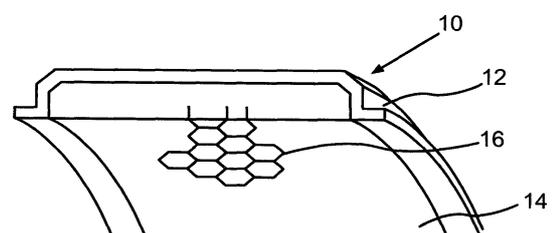
<b>DE</b>	<b>44 32 685</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 019890</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>103 61 499</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>69 79 172</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2008/00 53 106</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2003/00 42 685</b>	<b>A1</b>

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Einlaufbelag zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag (10) zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil, insbesondere einem Flugtriebwerksgehäuse (12) oder einem Flugtriebwerksgehäusesegment, für eine Gasturbine, wobei der Einlaufbelag (10) einen Elastomerdichtkörper (14) zum Zusammenwirken mit einem relativbeweglich zum Einlaufbelag angeordneten weiteren Bauteil, insbesondere einem Rotor, der Gasturbine umfasst, wobei in den Elastomerdichtkörper (14) mindestens ein formstabilisierendes Verstärkungselement (16) eingebettet ist. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Strömungsmaschine, insbesondere ein Flugtriebwerk, mit einem Gehäuse (12), an welchem ein Einlaufbelag (10) angeordnet ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Strömungsmaschine, insbesondere ein Flugtriebwerk, der im Oberbegriff des Patentanspruchs 8 angegebenen Art mit einem Gehäuse, an welchem ein Einlaufbelag angeordnet ist.

**[0002]** Ein derartiger Einlaufbelag zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil, insbesondere einem Flugtriebwerksgehäuse oder einem Flugtriebwerksgehäusesegment, ist beispielsweise bereits aus der DE 10 2007 053 135 A1 bekannt. Der Einlaufbelag, welcher als Teil eines Dichtsystems zur Leistungssteigerung einer Gasturbine dient, umfasst dabei einen vorzugsweise aus Silikon gefertigten Elastomerdichtkörper zum Zusammenwirken mit einem relativ beweglich zum Einlaufbelag angeordneten Rotor der Gasturbine. Der Einlaufbelag wird dabei üblicherweise an einem als Stator wirkenden Gehäuse der Gasturbine angeordnet. Der innerhalb des Gehäuses drehbeweglich angeordnete Rotor weist mehrere Schaufeln auf, deren radial äußere und gegebenenfalls gepanzerte Schaufelspitzen beim Bewegen des Rotors den Einlaufbelag anstreifen und durch Materialabtrag Vertiefungen in diesem Einlaufbelag erzeugen. Hierdurch wird ein möglichst kleiner Radialspalt zwischen dem Rotor und dem Gehäuse erzielt, wodurch sich die aerodynamischen Eigenschaften der Gasturbine verbessern. Der Materialabtrag erfolgt dabei in der Regel nicht über den gesamten Umfang des Einlaufbelags, sondern meistens nur sichelförmig. Ziel ist es stets, die aerodynamische Strömung durch diesen Radialspalt und damit aerodynamische Spaltverluste von einer Hochdruckseite der Rotor-schaufeln zu einer Niederdruckseite möglichst gering zu halten, um einen hohen Wirkungsgrad sicherzustellen.

**[0003]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Einlaufbelag zu schaffen, der eine verbesserte Spalthaltung ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Strömungsmaschine mit einer verbesserten Spalthaltung zu schaffen.

**[0004]** Die Aufgaben werden erfindungsgemäß durch einen Einlaufbelag mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil sowie durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des Einlaufbelags als vorteilhafte Ausgestaltungen der Strömungsmaschine und umgekehrt anzusehen sind.

**[0005]** Ein Einlaufbelag, welcher eine verbesserte Spalthaltung ermöglicht, ist erfindungsgemäß dadurch geschaffen, dass in den Elastomerdichtkörper mindestens ein formstabilisierendes Verstärkungselement eingebettet ist. Im Unterschied zum Stand der Technik verhindert das Verstärkungselement beim Anstreifen eines Rotors oder dergleichen am Einlaufbelag eine unnötige Beschädigung des Elastomerdichtkörpers durch Ausreißen größerer Elastomerbereiche, Rissbildung, Ausrieb über das nominelle Ausmaß hinaus und dergleichen. Hierdurch wird eine zuverlässige Formstabilisierung des Einlaufbelags bzw. des Elastomerdichtkörpers sichergestellt, wodurch ein gleichmäßigerer Abrieb, die verbesserte Spalthaltung und eine entsprechende Wirkungsgradsteigerung einer zugeordneten Gasturbine gewährleistet sind. Gleichzeitig erhöht das Verstärkungselement vorteilhaft die Lebensdauer des Einlaufbelags. Anstelle eines einzelnen Verstärkungselements können auch zwei oder mehrere Verstärkungselemente vorgesehen sein.

**[0006]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verstärkungselement zumindest bereichsweise wabenförmig und/oder faserteppichförmig und/oder gewebeförmig und/oder gelegeförmig und/oder multiaxialgelegeförmig und/oder geflochten und/oder mattenförmig und/oder filzförmig ausgebildet ist. Hierdurch kann der Einlaufbelag konstruktiv besonders flexibel ausgebildet werden, um verschiedenen Geometrien und Anforderungsprofilen optimal Rechnung zu tragen. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass das Verstärkungselement über den überwiegenden und/oder den gesamten Erstreckungsbereich des Einlaufbelags gleichförmig ausgebildet ist.

**[0007]** Weitere Vorteile ergeben sich, indem das Verstärkungselement anorganische Verstärkungsfasern, insbesondere Basaltfasern und/oder Borfasern und/oder Glasfasern und/oder Keramikfasern und/oder Kieselsäurefasern, und/oder metallische Verstärkungsfasern und/oder organische Verstärkungsfasern, insbesondere Aramidfasern und/oder Kohlenstofffasern und/oder Polyester-Fasern und/oder Nylon-Fasern und/oder Polyethylen-Fasern und/oder Polyacrylamid-Fasern, umfasst. Hierdurch kann der Elastomerdichtkörper vorteilhaft als Faser-Elastomer-Verbundteil mit hohen spezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten ausgebildet werden und eignet sich daher optimal für Leichtbauanwendungen. Die jeweiligen mechanischen und thermischen Eigenschaften des Einlaufbelags können dabei gezielt über eine Vielzahl von Parametern wie beispielsweise die Materialkombination Verstärkungselement-Elastomerdichtkörper, Faserwinkel, Faservolumenanteil, Schichtreihenfolge und dergleichen eingestellt werden.

**[0008]** Indem das Verstärkungselement geschlich-

tete Verstärkungsfasern umfasst, können insbesondere kerbempfindlichen Fasern bei der Herstellung des Einlaufbelags vor Beschädigung geschützt werden. Alternativ oder zusätzlich kann durch einen haftvermittelnden Auftrag die Haftung zwischen dem Verstärkungselement und dem Elastomerdichtkörper erheblich gesteigert werden.

**[0009]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verstärkungselement Kurzfasern und/oder Langfasern und/oder Endlosfasern und/oder einen Draht umfasst. Hierdurch können die mechanischen Eigenschaften des Einlaufbelags optimal an seinen jeweiligen Einsatzzweck angepasst werden, wobei die höchsten Steifigkeits- und Festigkeitswerte mit Endlosfasern und/oder Draht erzielt werden. Die Einbettung des Verstärkungselements in den Elastomerdichtkörper kann in Abhängigkeit der Ausgestaltung des Verstärkungselements beispielsweise direkt in einem Extruder erfolgen.

**[0010]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Elastomerdichtkörper Acrylnitril-Butadien-Styrol und/oder ein Polyamid und/oder ein Polyacetat und/oder ein Polyacrylat und/oder ein Polycarbonat und/oder ein Polyethylenterephthalat und/oder Polyethylen und/oder Polypropylen und/oder Polystyrol und/oder ein Polyetherketon und/oder Polyvinylchlorid und/oder ein Polyphenylsulfid und/oder ein Polysulfon und/oder ein Polyetherimid und/oder Polytetrafluorethen und/oder ein Polyurethan und/oder ein Polyisopren und/oder ein Silikon umfasst. Auch hierdurch können die mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften des Elastomerdichtkörpers optimal auf den jeweiligen Einsatzzweck des Einlaufbelags sowie auf die Eigenschaften des Verstärkungselements abgestimmt werden. Dabei kann vorgesehen sein, dass der Elastomerdichtkörper aus einem Materialgemisch, einem mehrlagigen Material oder nur aus einem einzigen Material besteht.

**[0011]** Indem der Einlaufbelag bereichsweise aus einem Duroplast besteht, ist eine weitere Möglichkeit zur Anpassung der mechanischen und thermischen Eigenschaften des Einlaufbelags ermöglicht. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Verstärkungselement auch in einen duroplastischen Bereich des Einlaufbelags eingebettet ist.

**[0012]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, insbesondere ein Flugtriebwerk, mit einem Gehäuse, an welchem ein Einlaufbelag angeordnet ist, der einen Elastomerdichtkörper zum Zusammenwirken mit einem relativbeweglich zum Einlaufbelag innerhalb des Gehäuses angeordneten Rotor umfasst. Dabei wird eine verbesserte Spalthaltung erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass in den Elastomerdichtkörper mindestens

ein formstabilisierendes Verstärkungselement eingebettet ist. Im Unterschied zum Stand der Technik verhindert das Verstärkungselement beim Anstreifen des Rotors am Einlaufbelag eine unnötige Beschädigung des Elastomerdichtkörpers beispielsweise durch Ausreißen größerer Elastomerbereiche, Rissbildung, Ausrieb über das nominelle Ausmaß hinaus oder Ähnliches. Hierdurch wird eine zuverlässige Formstabilisierung des Einlaufbelags bzw. des Elastomerdichtkörpers sichergestellt, wodurch die verbesserte Spalthaltung, ein gleichmäßigerer Abrieb und eine entsprechende Wirkungsgradsteigerung der Strömungsmaschine gewährleistet sind. Gleichzeitig erhöht das Verstärkungselement vorteilhaft die Lebensdauer des Einlaufbelags. Dabei kann grundsätzlich vorgesehen sein, dass das Gehäuse und/oder der Einlaufbelag segmentiert ausgebildet ist bzw. sind. Anstelle eines einzelnen Verstärkungselements können auch zwei oder mehrere Verstärkungselemente vorgesehen sein.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Einlaufbelag gemäß einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele ausgebildet ist. Die sich hieraus ergebenden Vorteile sind den entsprechenden Beschreibungen zu entnehmen.

**[0014]** Weitere Vorteile ergeben sich, indem die Strömungsmaschine als Verdichter, insbesondere als Hochdruck- und/oder Niederdruckverdichter, und/oder als Turbine, insbesondere als Hochdruck- und/oder Niederdruckturbine, ausgebildet ist. Auf diese Weise können die durch die Erfindung erzielbaren Vorteile besonders variabel bei unterschiedlichsten Strömungsmaschinentypen verwirklicht werden.

**[0015]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in den Ausführungsbeispielen genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Dabei zeigen:

**[0016]** [Fig. 1](#) eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Einlaufbelags mit einem wabenförmigen Verstärkungselement;

**[0017]** [Fig. 2](#) eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Einlaufbelags mit einem faserteppichförmigen Verstärkungselement;

**[0018]** [Fig. 3](#) eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung

lung eines dritten Ausführungsbeispiels des Einlaufbelags mit einem gewebeförmigen Verstärkungselement; und

[0019] [Fig. 4](#) eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung eines vierten Ausführungsbeispiels des Einlaufbelags mit einem filzförmigen Verstärkungselement.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Einlaufbelags **10**, welcher in einem Flugtriebwerksgehäuse **12** eines Verdichters einer Gasturbine (nicht gezeigt) angeordnet ist. Das Flugtriebwerksgehäuse **12**, welches auch als Shroud bezeichnet wird, dient als Träger des Einlaufbelags **10** und ist vorliegend segmentiert ausgebildet. Der Einlaufbelag **10**, welcher seinerseits grundsätzlich segmentiert oder umlaufend ausgebildet sein kann, weist einen Elastomerdichtkörper **14** zum Zusammenwirken mit einem relativbeweglich zum Einlaufbelag **10** angeordneten Rotor der Gasturbine auf. Zur Formstabilisierung des Elastomerdichtkörpers **14** ist ein Verstärkungselement **16** in diesen eingebettet, welches im vorliegenden Ausführungsbeispiel wabenförmig (sog. Honeycomb-Struktur) ausgebildet ist. Das Verstärkungselement **16** besteht dabei aus Aramidfasern (z. B. Nomex<sup>®</sup>), während der Elastomerdichtkörper **14** aus einem Silikon gefertigt ist. Aramidfasern und Silikon besitzen dabei den gemeinsamen Vorteil, dass sie sehr temperaturbeständig sind. Darüber hinaus zeichnen sich Aramidfasern durch sehr hohe Festigkeit, hohe Schlagzähigkeit, hohe Bruchdehnung und gute Schwingungsdämpfung aus, sodass sie sich optimal für den Triebwerksbau eignen.

[0021] Das Verstärkungselement **16** verhindert beim Anstreifen des Rotors, dass es zu einem Abrieb des Elastomerdichtkörpers **14** über das nominelle Maß hinaus kommt. Weiterhin verhindert das Verstärkungselement **16**, dass größere Materialausbrüche oder Rissbildungen im Elastomerdichtkörper **14** auftreten. Hierdurch wird aufgrund der Formstabilisierung des Elastomerdichtkörpers **14** einerseits eine optimale Spalthaltung mit minimalen Radialspalt sichergestellt und andererseits eine erhebliche Verlängerung der Lebensdauer des Einlaufbelags **10** erzielt. Das Verstärkungselement **16** kann sich grundsätzlich über den gesamten Einlaufbelag **10** oder – wie in [Fig. 1](#) gezeigt – nur über einen Teilbereich erstrecken.

[0022] [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen jeweils ausschnittsweise Prinzipdarstellungen weiterer Ausführungsbeispiele des Einlaufbelags **10** mit unterschiedlich ausgebildeten Verstärkungselementen **16**. Im in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Verstärkungselement **16** faserteppichförmig ausgebildet, während es in den in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsbeispielen gewebeförmig bzw. filzförmig ausgebildet ist. Dabei können grundsätzlich auch

ortsabhängig unterschiedliche Ausgestaltungen des Verstärkungselements **16** vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich kann das Verstärkungselement **16** auch mehrlagig in den Elastomerdichtkörper **14** eingebettet sein. Der Elastomerdichtkörper **14** kann seinerseits aus verschiedenen Elastomeren bzw. Elastomergemischen bestehen und/oder gegebenenfalls mit einem zusätzlich Duroplastkörper verbunden sein, um eine optimierte Anpassung seiner mechanischen und thermischen Eigenschaften zu bewerkstelligen. Neben der jeweiligen Kombination von Verstärkungselementmaterial und Elastomerdichtkörpermaterial können beispielsweise auch der Faserwinkel, der Faservolumenanteil, die Schichtreihenfolge usw. des Verstärkungselements **16** variiert werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102007053135 A1 [\[0002\]](#)

**Patentansprüche**

1. Einlaufbelag (10) zur Anordnung an einem Gasturbinenbauteil, insbesondere einem Flugtriebwerksgehäuse (12) oder einem Flugtriebwerksgehäusesegment, für eine Gasturbine, wobei der Einlaufbelag (10) einen Elastomerdichtkörper (14) zum Zusammenwirken mit einem relativbeweglich zum Einlaufbelag angeordneten weiteren Bauteil, insbesondere einem Rotor, der Gasturbine umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Elastomerdichtkörper (14) mindestens ein formstabilisierendes Verstärkungselement (16) eingebettet ist.

2. Einlaufbelag (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungselement (16) zumindest bereichsweise wabenförmig und/oder faser Teppichförmig und/oder gewebe förmig und/oder gelegeförmig und/oder multiaxialgelegeförmig und/oder geflochten und/oder mattenförmig und/oder filzförmig ausgebildet ist.

3. Einlaufbelag (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungselement (16) anorganische Verstärkungsfasern, insbesondere Basaltfasern und/oder Borfasern und/oder Glasfasern und/oder Keramikfasern und/oder Kieselsäurefasern, und/oder metallische Verstärkungsfasern und/oder organische Verstärkungsfasern, insbesondere Aramidfasern und/oder Kohlenstofffasern und/oder Polyester-Fasern und/oder Nylon-Fasern und/oder Polyethylen-Fasern und/oder Polyacrylamid-Fasern, umfasst.

4. Einlaufbelag (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungselement (16) geschichtete Verstärkungsfasern umfasst.

5. Einlaufbelag (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungselement (16) Kurzfasern und/oder Langfasern und/oder Endlosfasern und/oder einen Draht umfasst.

6. Einlaufbelag (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Elastomerdichtkörper (14) Acrylnitril-Butadien-Styrol und/oder ein Polyamid und/oder ein Polyacetat und/oder ein Polyacrylat und/oder ein Polycarbonat und/oder ein Polyethylenterephthalat und/oder Polyethylen und/oder Polypropylen und/oder Polystyrol und/oder ein Polyetherketon und/oder Polyvinylchlorid und/oder ein Polyphenylsulfid und/oder ein Polysulfon und/oder ein Polyetherimid und/oder Polytetrafluorethen und/oder ein Polyurethan und/oder ein Polyisopren und/oder ein Silikon umfasst.

7. Einlaufbelag (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass dieser bereichs-

weise aus einem Duroplast besteht.

8. Strömungsmaschine, insbesondere Flugtriebwerk, mit einem Gehäuse (12), an welchem ein Einlaufbelag (10) angeordnet ist, der einen Elastomerdichtkörper (14) zum Zusammenwirken mit einem relativbeweglich zum Einlaufbelag innerhalb des Gehäuses (12) angeordneten Rotor umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass in den Elastomerdichtkörper (14) mindestens ein formstabilisierendes Verstärkungselement (16) eingebettet ist.

9. Strömungsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

10. Strömungsmaschine nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass diese als Verdichter, insbesondere als Hochdruck- und/oder Niederdruckverdichter, und/oder als Turbine, insbesondere als Hochdruck- und/oder Niederdruckturbine, ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

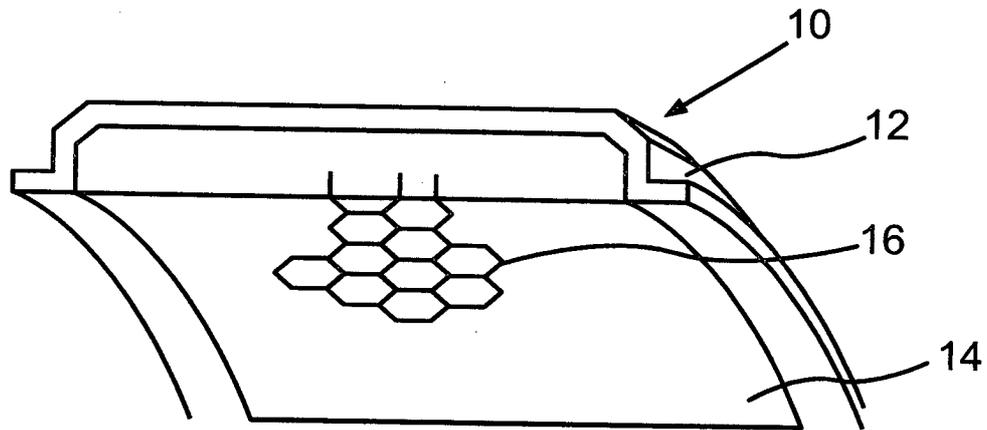


Fig. 1

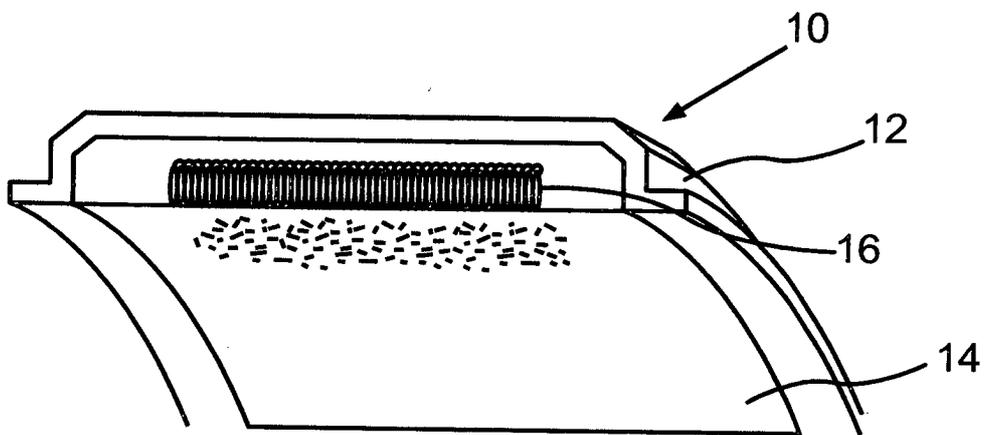


Fig. 2

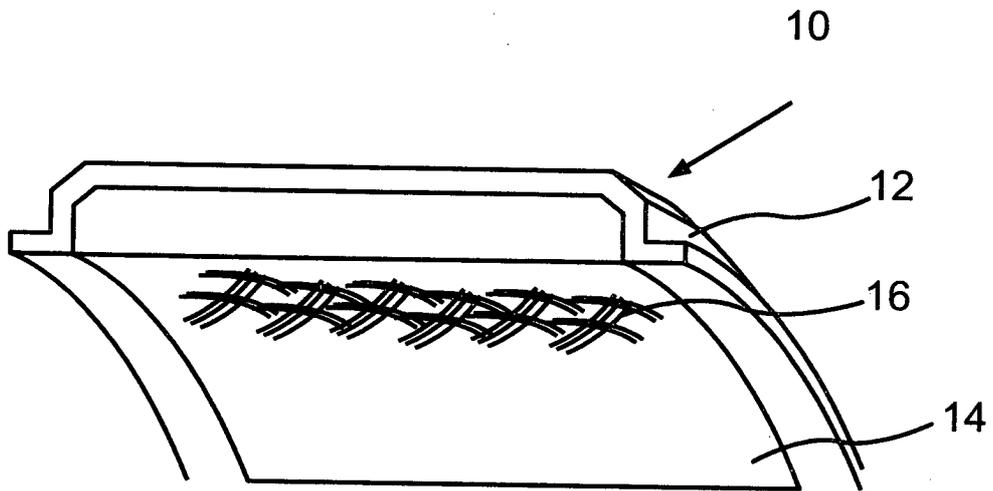


Fig.3

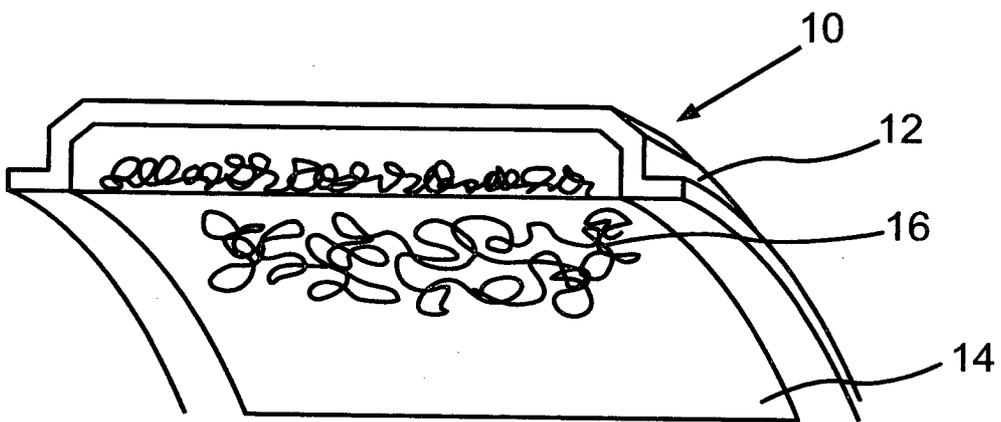


Fig.4