



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 702 130 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.04.2003 Patentblatt 2003/17**

(51) Int Cl.7: **F01D 5/20, F01D 11/12**

(21) Anmeldenummer: **95113444.4**

(22) Anmeldetag: **26.08.1995**

(54) **Verfahren zur Fertigung eines Anstreifbelages für metallische Triebwerkskomponenten**

Process for producing an abrasive coating for metal components of drive units

Procédé pour la production d'un revêtement abrasif pour des constituants métalliques de propulseurs

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE**

(30) Priorität: **16.09.1994 DE 4432998**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.03.1996 Patentblatt 1996/12**

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH  
80995 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Schröder, Johannes, Dr.  
D-80639 München (DE)**  
• **Uihlein, Thomas, Dr.  
D-85221 Dachau (DE)**  
• **Weber, Hans  
D-85221 Eschenried (DE)**

• **Fischer, Herbert  
D-85301 Güntersdorf (DE)**  
• **Fischhaber, Erwin  
D-85244 Grossinzemoos (DE)**  
• **Legrand, Norbert  
D-85757 Karlsfeld (DE)**

(74) Vertreter: **Einsele, Rolf W.  
DaimlerChrysler AG,  
Intellectual Property Management FTP/A,  
HPC:C106  
70546 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 287 371 EP-A- 0 292 250**  
**EP-A- 0 661 415 US-A- 3 042 365**  
**US-A- 3 964 877 US-A- 4 594 053**  
**US-A- 4 744 725 US-A- 5 223 332**  
**US-A- 5 603 603**

**EP 0 702 130 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Anstreifbelags für metallische Triebwerkskomponenten, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**[0002]** Anstreifbeläge, die als Einlaufbeläge dienen, sind abreibbar und für Triebwerkskomponenten wie in US-A-3 042 365 beschrieben, relativ komplex aufgebaut. In diese Einlaufbeläge arbeiten sich beispielsweise Schaufelspitzen von Laufschaufeln ein, die in der Regel nur die Härte des Grundwerkstoffs der Schaufel oder der Schaufelblattbeschichtung aufweisen und keine spezifische Panzerung der Schaufelspitze in Form eines Anlaufbelages besitzen. Da der Wirkungsgrad von Verdichtern und Turbinen in hohem Maße von der Spaltgröße zwischen Stator und Rotor abhängt, vermindert er sich mit zunehmender Abarbeitung der Schaufelspitzen durch Anstreifvorgänge. Diese Abarbeitung von Schaufelspitzen oder Dichtspitzen an Labyrinthdichtungen wird noch verstärkt, wenn zur Steigerung der Erosions- und Temperaturbeständigkeit von Einlaufbelägen die Festigkeit und Härte dieser Einlaufbeläge gesteigert wird. In diesem Fall müssen die Schaufelspitzen oder die Dichtspitzen von Labyrinthdichtungen mit einem Anlaufbelag zusätzlich gepanzert werden.

**[0003]** Ein derartiger Anlaufbelag für Schaufelspitzen ist aus US-A-4 169 020 bekannt. Dieser Anlaufbelag besteht aus einer metallischen Matrix mit in der Matrix verankerten Hartstoffpartikeln. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des metallischen Matrixmaterials besteht nachteilig die Gefahr der Überhitzung des Bauteils, z.B. der Schaufelspitze beim Anstreifvorgang. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Hartstoffpartikel keine Ausrichtung aufweisen und willkürlich in der Matrix angeordnet sind, so dass sich das Einarbeiten des Anlaufbelages in den Einlaufbelag in einem ungeordneten Einkratzen der Spitzen der Hartstoffpartikel in den Einlaufbelag erschöpft. Eine gezielte Verminderung der Reibungswärme ist hiermit nicht gegeben.

**[0004]** Die EP-A-0 292 250 beschreibt Triebwerksdichtungen, u.a. in Labyrinthbauart, bei denen rotierende Teile mit einer verschleißfesten, keramischen bzw. metallkarbidischen Beschichtung versehen sind, wobei als keramische Werkstoffe Oxide von Al, Ti, Cr, Zr und Mg genannt werden. Die Beschichtung wird mittels Laser mit einer Vielzahl von Vertiefungen versehen, welche Freiräume zwischen schneidenartigen Kanten bilden. Diese geometrisch eher undefinierte, mehr zufällige und schwer reproduzierbare Oberflächengeometrie ("random pattern") weist mit Sicherheit keine optimalen Schneideigenschaften auf.

**[0005]** Die US-A-5 223 332 schützt zweischichtige Hartbeläge auf metallischen Substraten, insbesondere auf Triebwerksschaufeln, mit einer metallkarbidischen Haftschrift und einer keramischen Deckschicht. Durch die Kombinationsbeschichtung sollen eine besonders feste Haftung auf dem Substrat und eine besonders ho-

he Verschleißfestigkeit erzielt werden. Für die keramische Deckschicht werden Oxide von Al, Ca, Mg, Cr, Ti, Si, Zr und Y sowie Chromkarbid vorgeschlagen. Es wird zwar darauf hingewiesen, dass die keramische Deckschicht Schneideigenschaften besitzen soll, es gibt aber keine konkreten Hinweise zur Realisierung dieser Eigenschaften.

**[0006]** Die EP-A-0 661 415 behandelt strukturierte Hartbeläge auf Rotoren, insbesondere auf Gasturbinenschaufelspitzen, mit einer labyrinthartigen Keramikstruktur in einer metallischen Matrix. Die schneidenartigen Kanten der Keramikstruktur ragen aus der Matrix heraus, so dass eine Vielzahl von definierten Freiräumen zur Aufnahme von Abrieb vorhanden ist.

Die Keramikstruktur wird zunächst separat hergestellt, beispielsweise durch thermisches Spritzen, und durch Zuschneiden an die Schaufelspitzenform angepasst. Bei der Fertigung der Schaufel durch Fein- bzw. Präzisionsgießen der Struktur in das Schaufelmetall eingegossen. Nach einer Bearbeitung der Schaufelspitze auf Maß wird die Keramikstruktur durch Tiefätzen wieder teilweise freigelegt. Von dieser geometrisch definierten Keramikstruktur mit ggf. asymmetrischen Schneiden sind gute Abrasionseigenschaften und hohe Verschleißfestigkeit zu erwarten. Nachteilig ist aber die aufwendige Integration in das Bauteil.

**[0007]** Angesichts des genannten Standes der Technik und seiner Nachteile besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Anstreifbelages für metallische Triebwerkskomponenten zu schaffen, mit dem sich auf zuverlässige, reproduzierbare und kostengünstige Weise geometrisch definierte, verschleißfeste Keramikstrukturen mit schneidfähigen Kanten und Freiräumen fertigen lassen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen des Oberbegriffs.

**[0009]** Das Verfahren zur Herstellung eines Anstreifbelages für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, hat folgende Verfahrensschritte:

a) Auflegen einer Lochmaske auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche,

b) thermisches Spritzen eines keramischen Materials durch die Lochmaske auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche unter einem Spritzwinkel von 10 bis 30° zur Ausbildung von Schneidkanten und Freiräumen.

**[0010]** Die Bauteiloberfläche ist zur besseren Haftung der keramischen Spritzschicht aufgeraut oder mit einer Haftschrift beschichtet. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist, dass mit einem Spritzvorgang eine schneidfähige Profilierung der Bauteiloberfläche erreicht werden kann,

ohne aufwendige Präparation der Bauteiloberfläche und ohne aufwendige Nachbearbeitung oder Einarbeitung eines schneidfähigen Profils in eine Keramikschicht. Die Lochmaske besteht vorzugsweise aus einem Drahtgitter, wobei das Verhältnis zwischen Maschenweite und Drahtdurchmesser zwischen 2 und 6 sowie der Drahtdurchmesser vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,5 mm liegt. Lochmasken aus einem Drahtgitter haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie aus runden Abdeckungen (Drähten) bestehen und damit die Ausbildung von schneidfähigen Kanten fördern, da nur ein Bruchteil der Drahtoberfläche orthogonal zum Spritzstrahl liegt und ein hoher Anteil des Spritzgutes vom Draht in Richtung auf die Bauteiloberfläche abgelenkt wird, so dass es zu schneidkantenartigen Anhäufungen von Spritzgut auf der Bauteiloberfläche kommt. Ein weiterer Vorteil von Drahtgittern als Lochmasken liegt darin, dass die Maschen Quadrate bilden und folglich scharfe Kanten unter einem Winkel von 90° zueinander auftreten. Diese Winkel können zu scharfen dreieckförmigen Spitzen, wie sie von Feinfeilen bekannt sind, optimiert werden. Dazu wird das Drahtgitter so angeordnet, dass es diagonal vom abgewinkelten Spritzstrahl getroffen wird. Als Folge entstehen schuppenartige Schneidspitzen. Die Ausrichtung der schuppenartigen Schneidspitzen kann durch die Lage des Drahtgitters und durch die Wahl des Einstrahlwinkels des Spritzstrahls geändert werden. Dadurch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine optimale Ausrichtung der schuppenartigen Schneidspitzen in Bezug auf die Relativbewegung zwischen dem Bauteil mit oder ohne Einlaufbelag und dem Bauteil mit Anlaufbelag.

**[0011]** Die folgende Beschreibung erläutert die Erfindung an Hand von bevorzugten Ausführungsformen und zugehörigen Abbildungen.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines profilierten Anstreifbelages,

Fig. 2 zeigt eine photographische Abbildung einer erfindungsgemäßen Schaufelspitzenpanzerung,

Fig. 3 zeigt eine Prinzipskizze eines Spritzverfahrens mit Lochmaske zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Schaufelspitzenpanzerung.

**[0012]** Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines profilierten Anstreifbelages 1 für metallische Triebwerkskomponenten 2, die einen Anlaufbelag 3 aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag 4 eines zweiten Bauteils 14 einarbeitet, wobei der Anlaufbelag 3 aus einer thermisch gespritzten Keramikschicht besteht und die Keramikschicht derart profiliert ist, dass sie schneidfähige Kanten 5 - 9 aufweist, wobei zwischen den Kanten 5 - 9 Freiräume 10 - 13 angeordnet sind, die den Abrieb des Einlaufbelages 4 aufnehmen und ausräumen. Beim

Anstreifvorgang bewegt sich das Bauteil 2 relativ zum Bauteil 14 in Pfeilrichtung A. In Bezug auf die Richtung dieser Relativbewegung sind die schneidfähigen Kanten 5 - 9 des profilierten Anstreifbelages 3 angeordnet. Die Höhe des profilierten Anstreifbelages 1 ist in dieser Prinzipskizze stark übertrieben. Sie liegt zwischen 25 und 150 µm. Triebwerkskomponenten 2 sind vorzugsweise Schaufelblattspitzen von Laufschaufeln, Dichtspitzen von Labyrinthdichtungen oder von Schaufeldeckbändern.

**[0013]** Figur 2 zeigt eine photographische Vergrößerung einer erfindungsgemäßen Schaufelspitzenpanzerung im Maßstab von etwa 5:1. Deutlich sind Schaufelblatt und Schaufelfuß erkennbar. Auf der Schaufelblattspitze befindet sich ein profilierter Anstreifbelag aus sich hell gegenüber der Schaufelkontur abzeichnenden Zwischenräumen zum Austragen des Abriebs eines Einlaufbelages, in den sich dieser Anlaufbelag beim Anstreifvorgang einarbeitet. Wie bei einer Oberflächenstruktur einer Feinfeile ist deutlich eine schuppenartige Struktur auf der Schaufelspitze zu erkennen. Diese schuppenartige Struktur besteht bei dieser Ausführungsform aus thermisch durch eine Drahtgittermaske gespritztem  $ZrO_27Y_2O_3$ . Die Drahtstärke der Drahtgittermaske ist in diesem Ausführungsbeispiel 0,22 mm bei einer lichten Maschenweite von 0,4 mm. Der Anlaufbelag wurde unter einem Spritzwinkel von 25° aufgebracht. Die Schaufelblattbreite ist 25 mm und die aufgespritzten Schneidkanten sind maximal 70 µm hoch. Mit einem derartigen Anlaufbelag wird der Einlaufbelag beim Anstreifvorgang auf eine minimale Spaltbreite ausgerieben und dabei eine glatte Schnittfläche des Einlaufbelages erzeugt.

**[0014]** Fig. 3 zeigt eine Prinzipskizze eines Spritzverfahrens mit Lochmaske 15 zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Schaufelspitzenpanzerung 16 auf einem Schaufelblatt 17. Dabei wird zunächst die Lochmaske 15, die in diesem Durchführungsbeispiel aus einem Drahtgitter 18 besteht, auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche 19 gelegt. Die metallische Bauteiloberfläche 19 ist vor einer Beschichtung aufgeraut oder mit einer rauhen metallischen Haftschiicht aus MCrAlY beschichtet worden. Das Drahtgitter 18 weist einen glattgezogenen Draht 20 mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 0,5 mm auf. Die lichte Maschenweite ist um den Faktor 2 bis 6 größer. Ein keramisches Material wird durch die Lochmaske 15 auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche unter einem Spritzwinkel von 10 bis 30° zur Ausbildung von Schneidkanten und Freiräumen thermisch gespritzt. In stark übertriebenen Maßen wird in Fig. 3 gezeigt, dass aufgrund der glatten Oberfläche der Drahtmaske, die beispielsweise aus Edelstahl besteht, das Spritzmaterial nicht auf der Drahtoberfläche haftet, sondern von der Drahtoberfläche abprallt und sich zwischen den Drähten aufhäuft. Dabei werden je nach Größe des Spritzwinkels größere Flächen von Spritzgut freigehalten und eine asymmetrische Verteilung des Spritzmaterials zwischen den Dräh-

ten erreicht, so dass sich Schneidkanten 21 - 25 in vorbestimmten Richtungen ausbilden. Die Schneidkantenhöhe kann dabei von 25 bis 150 µm anwachsen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Anstreifbelages für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, das durch folgende Verfahrensschritte **gekennzeichnet** ist:

a) Auflegen einer Lochmaske (18) auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche (19),

b) thermisches Spritzen eines keramischen Material durch die Lochmaske (18) auf die zu beschichtende Bauteiloberfläche (19) unter einem Spritzwinkel von 10 bis 30° zur Ausbildung von Schneidkanten (21-25) und Freiräumen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als keramisches Material  $ZrO_27Y_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  oder Mischoxide aufgespritzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu beschichtende, metallische Triebwerkskomponente (2) die Schaufelblattspitze einer Triebwerksschaukel (17), eine Dichtspitze einer Labyrinthdichtung oder eine Dichtspitze auf einem Schaufelspitzen-Deckband ist.

### Claims

1. Method for the production of a brushing-contact coating for metallic engine components having an abrasive coating, which abrades a shroud coating by brushing contact, the said method being **characterised by** the following process steps:

a) A perforated mask (18) is positioned over the component surface (19) to be coated.

b) A ceramic material is sprayed through the perforated mask (18) onto the component surface (19) to be coated, at a spraying angle of 10° to 30° to form cutting edges (21 - 25) and free spaces.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** as the ceramic material,  $ZrO_27Y_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  or mixed oxides are sprayed on.

3. Method according to Claims 1 or 2,

### characterised in that

the metallic engine component (2) to be coated is the turbine blade tip of an engine turbine blade (17), a seal tip for a labyrinth seal or a seal tip on a turbine blade tip shroud strip.

### Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un revêtement d'usure par effleurement pour des composants métalliques de mécanismes qui présentent un revêtement de démarrage, qui s'enfonce lors de l'effleurement dans un revêtement de rodage, qui est **caractérisé par** les étapes de procédé suivantes :

a) placement d'un masque à trous (18) sur la surface (19) de la pièce à revêtir,

b) pulvérisation thermique d'un matériau céramique à travers le masque à trous (18) sur la surface (19) de la pièce à revêtir selon un angle de pulvérisation de 10 à 30° pour former des arêtes (21-25) et des espaces libres.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'on** pulvérise comme matériau céramique du  $ZrO_27Y_2O_3$ , du  $Al_2O_3$  ou des oxydes mixtes.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les composants (2) métalliques du mécanisme à revêtir sont la pointe d'une pale d'une aube mécanique (17), une pointe d'étanchéité d'une garniture à labyrinthe ou une pointe d'étanchéité sur une bande de recouvrement d'une pointe d'aube.

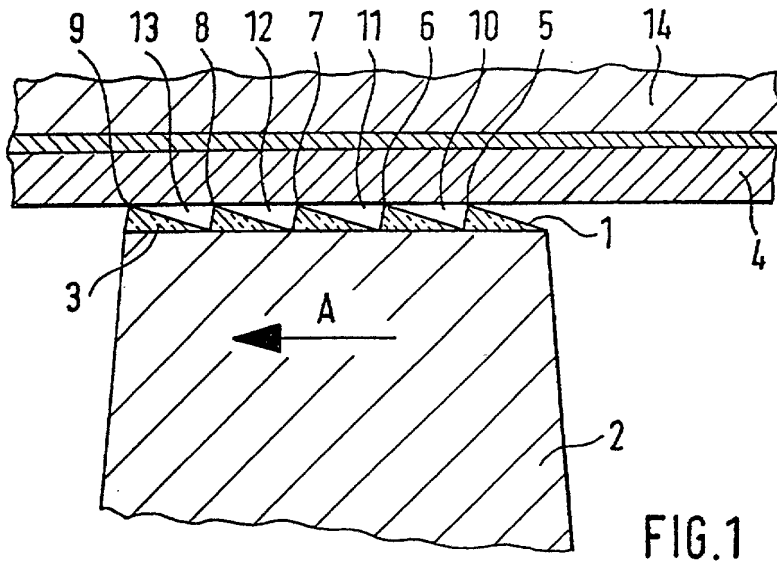


FIG.1

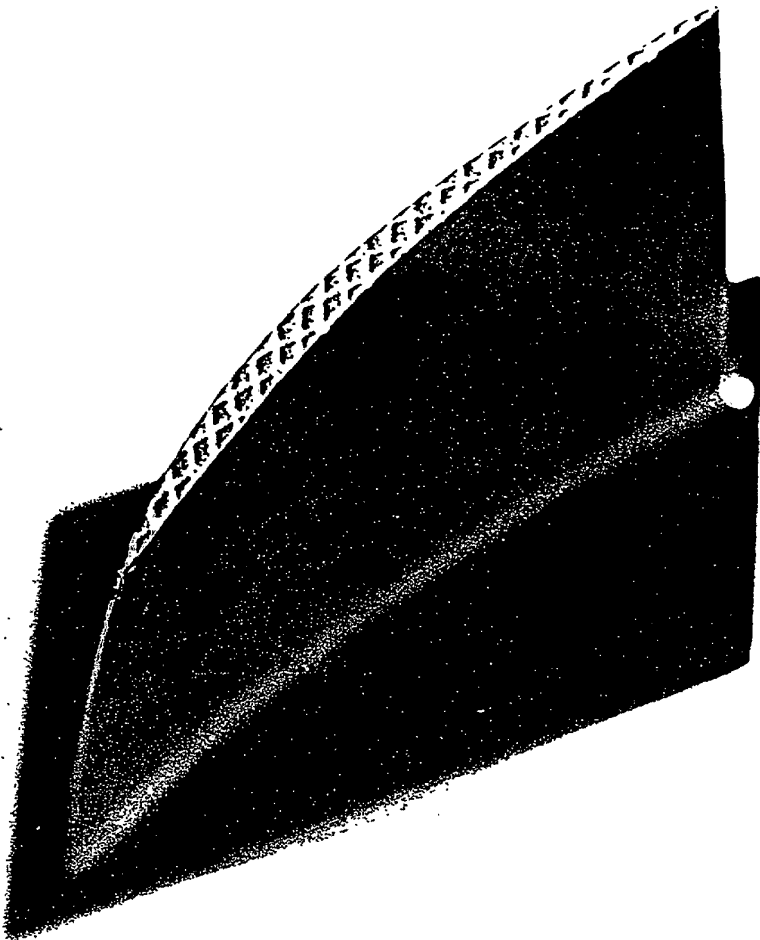


FIG. 2

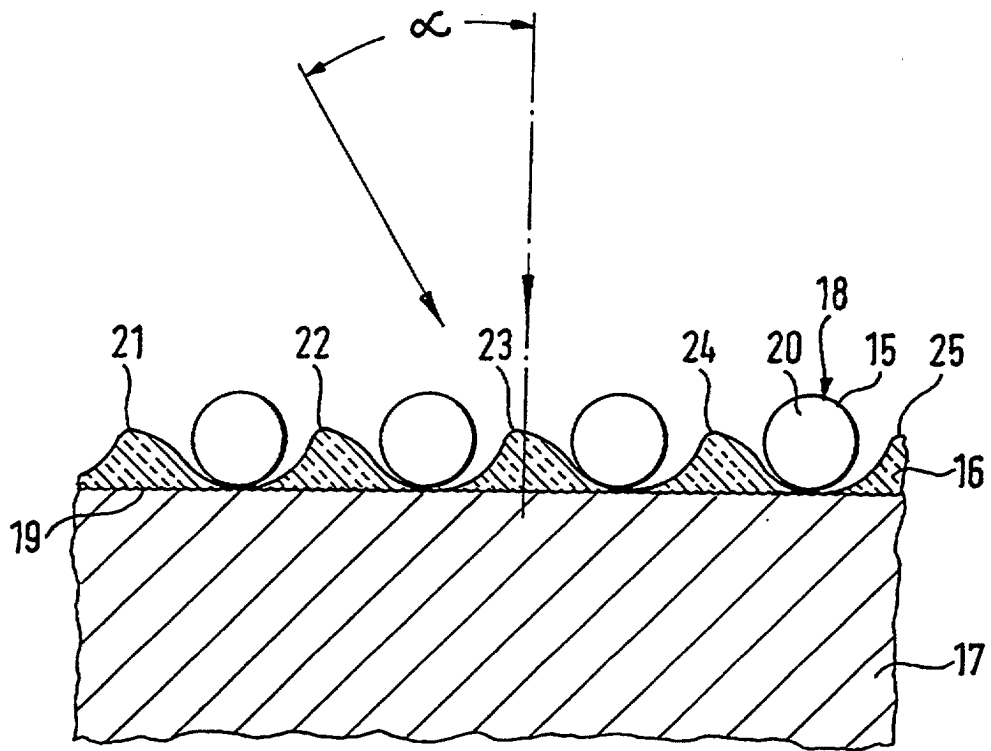


FIG. 3