

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 702 130 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.03.1996 Patentblatt 1996/12

(51) Int. Cl.⁶: **F01D 5/20**

(21) Anmeldenummer: **95113444.4**

(22) Anmeldetag: **26.08.1995**

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

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

(71) Anmelder: **MTU MOTOREN- UND TURBINEN-
UNION
MÜNCHEN GMBH
D-80976 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)**

(54) **Schaufelspitze mit schneidfähigem Anstreifbelag**

(57) Die Erfindung betrifft einen Anstreifbelag für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, wobei der Anlaufbelag aus einer thermisch gespritzten Keramikschiicht besteht und die Keramikschiicht derart profiliert ist, daß sie schneidfähige Kanten aufweist, wobei zwischen den Kanten Freiräume angeordnet sind, die den Abrieb des Einlaufbelages aufnehmen und ausräumen, sowie ein Verfahren zur Herstellung profilierter Anstreifbeläge.

EP 0 702 130 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Anstreifbelag für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet.

Anstreifbeläge, die als Einlaufbeläge dienen sind abreibbar und für Triebwerkskomponenten wie in US-PS 3,042,365 beschrieben, relativ komplex aufgebaut. In diese Einlaufbeläge arbeiten sich beispielsweise Schaufel 5 spitzen von Laufschaufeln ein, die in der Regel nur die Härte des Grundwerkstoffs der Schaufel oder der Schaufelblattbeschichtung aufweisen und keine spezifische Panzerung der Schaufel spitze 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 Schaufel spitzen durch Anstreifvorgänge. Diese Abarbeitung von Schaufel 10 spitzen 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 Schaufel spitzen oder die Dichtspitzen von Labyrinthdichtungen mit einem Anlaufbelag zusätzlich gepanzert werden.

Ein derartiger Anlaufbelag für Schaufel spitzen ist aus US-PS 4,169,020 bekannt. Dieser Anlaufbelag besteht aus einer metallischen Matrix mit in der Matrix verankerten Hartstoffpartikeln. Aufgrund der hohen 15 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 mit den bekannten Anlaufbelägen aus dem Stand der Technik nicht gegeben.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen gattungsgemäßen Anstreifbelag anzugeben, der die Nachteile im Stand der Technik überwindet und für Einlaufbeläge mit größerer Festigkeit und Härte geeignet ist und Schaufel 20 spitzen oder Dichtspitzen derart panzert, daß beim Anstreifvorgang ein minimaler Spalt zwischen Einlaufbelag und Anlaufbelag gebildet wird. Der Anlaufbelag soll darüberhinaus bei hoher Lebensdauer des Triebwerks einen Abfall des Wirkungsgrades vermindern.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Anlaufbelag aus einer thermisch gespritzten Keramikschiicht besteht und die Keramikschiicht derart profiliert ist, daß sie schneidfähige Kanten aufweist, wobei zwischen den Kanten Freiräume angeordnet sind, die den Abrieb des Einlaufbelages aufnehmen und ausräumen. Dieser Anlaufbelag hat den Vorteil, daß er mit seinen profilierten schneidfähigen Kanten eine glatte Schnittfläche des Einlaufbelages beim Anstreifvorgang erzeugt und einen

minimalen Spalt zwischen rotierendem und stehendem Bauteil eines Triebwerks gewährleistet. Er schützt gleichzeitig das gepanzerte Bauteil vor Überhitzung, da er durchgehend aus einer wärmeisolierenden Keramik mit Zwischenräumen, die frei von einer wärmeleitenden Metallmatrix sind, besteht. Ferner sorgen die Zwischenräume dafür, daß das heiße Abriebmaterial des Einlaufbelages unverzüglich ausgetragen wird, so daß die Erwärmung durch Reibung reduziert werden kann. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Profilierung so ausgerichtet werden kann, daß ein optimaler Abrieb unter Berücksichtigung der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Bauteil mit oder ohne Einlaufbelag und dem Bauteil mit Anlaufbelag erfolgt.

Vorzugsweise wird als keramisches Material für den Anlaufbelag $ZrO_27Y_2O_3$ eingesetzt. Dieses Material besitzt nicht nur eine wesentlich höhere Härte als der metallische Grundwerkstoff des zu panzernden Bauteils und der Werkstoffe des Einlaufbelages, sondern weist auch eine geringere Wärmeleitfähigkeit auf.

Ein weiteres bevorzugtes keramisches Material für den Anlaufbelag ist Al_2O_3 , das als Korund bekannt ist und entsprechend kostengünstig eingesetzt werden kann. Auch Mischoxide sind für den erfindungsgemäßen Anlaufbelag einsetzbar.

Dieser Anlaufbelag soll vorzugsweise die Schaufelblattspitze einer Triebwerksschaufel panzern, zumal der Spalt zwischen einem stehenden Einlaufbelag auf einem Mantelring des Gehäuses und der rotierenden Schaufel spitze wesentlich den Wirkungsgrad eines Triebwerks mitbestimmt.

Als weiterer bevorzugter Einsatz der erfindungsgemäßen Panzerung sind Dichtspitzen von Labyrinthdichtungen vorgesehen, die in Triebwerken im wesentlichen zwischen Triebwerkswelle und Gehäuse zur Abdichtung von Lagerblöcken verwendet werden. Aber auch Dichtspitzen auf einem Schaufelspitzendeckband werden vorzugsweise mit dem erfindungsgemäßen Anstreifbelag geschützt. Diese Dichtspitzen auf Schaufelspitzendeckbändern arbeiten sich ebenfalls in einen stehenden Einlaufbelag auf einem Mantelring des Gehäuses beim Anstreifvorgang ein.

Ein bevorzugtes 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 0 bis 50° vorzugsweise 5 bis 30° zur Ausbildung von Schneidkanten und Freiräumen.

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 Keramikschrift. 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.

Ein weiteres bevorzugtes Verfahren zur Herstellung eines Anstreifbelages für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, hat folgende Verfahrensschritte

a) Profilätzen der zu beschichtenden Bauteiloberfläche zur Ausbildung einer profilierten Oberfläche aus Schneidkanten und Freiräumen aus dem Material der Triebwerkskomponente

b) thermisches Spritzen eines keramischen Materials auf die profilierte Oberfläche.

Dieses Verfahren erfordert zunächst eine Präparation der metallischen Oberfläche des zu panzernden Bauteils, hat aber den Vorteil, daß bei dem anschließenden thermischen Spritzen des keramischen Materials auf die profilierte Oberfläche die gesamte Metalloberfläche durch die Spritzschicht thermisch isoliert wird. Zusätzlich kann die metallische Oberfläche mittels Profilätzen mit sehr präzise dimensionierten Schneidkanten und Freiräumen ausgestattet werden.

Bei einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird das keramische Material unter einem Winkel aufgespritzt, der die Schneidflächen stärker beschichtet als die Flächen der Freiräume. Dadurch wird vorteilhaft die Schneidwirkung der Kanten und die Lebensdauer der Profilierung verbessert.

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,

Fig. 4 zeigt einen profilierten Anstreifbelag, der mittels Profilätzen und anschließender Beschichtung hergestellt wurde.

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 Keramikschrift besteht und die Keramikschrift 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.

Fig. 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.

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 Haftschrift 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 0 bis 50° 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 auftürmt. Dabei werden je nach Größe des Spritzwinkels größere Flächen von Spritzgut freigehalten und eine asymmetrische Verteilung des Spritzmaterials zwischen den Drähten erreicht, so daß sich Schneidkanten 21 - 25 in vorbestimmten Richtungen ausbilden. Die Schneidkantenhöhe kann dabei von 25 bis 150 µm anwachsen.

Fig. 4 zeigt einen profilierten Anstreifbelag 1, der mittels Profilätzen und anschließender Beschichtung hergestellt wurde. Dazu wird zunächst eine profilierte Oberfläche aus Schneidkanten 26 -29 und Freiräumen 30 - 32 aus dem Material der Triebwerkskomponente 33 profilgeätzt. Anschließend wird unter einem extremen Spritzwinkel von beispielsweise 50 bis 80° gegenüber der Lotrechten die profilgeätzte Oberfläche thermisch mit einer durchgehenden Keramikschrift gespritzt, wobei aufgrund des extremen Spritzwinkels die Schneidkanten 26 - 29 mit Keramikmaterial dicker beschichtet werden als die Freiräumen 30 - 32.

Patentansprüche

1. Anstreifbelag für metallische Triebwerkskomponenten, die einen Anlaufbelag aufweisen, der sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlaufbelag (3) aus einer thermisch gespritzten Keramikschrift besteht und die Keramikschrift derart profiliert ist,

daß sie schneidfähige Kanten (21-29) aufweist, wobei zwischen den Kanten (21-29) Freiräume (30-32) angeordnet sind, die den Abrieb des Einlaufbelages aufnehmen und ausräumen.

2. Anstreifbelag nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus $ZrO_27Y_2O_3$ besteht.
3. Anstreifbelag nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus Al_2O_3 der Mischoxiden besteht.
4. Anstreifbelag nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Triebwerkskomponente (2) die Schaufelblattspitze einer Triebwerksschaufel (17) ist.
5. Anstreifbelag nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Triebwerkskomponente (2) eine Dichtspitze einer Labyrinthdichtung ist.
6. Anstreifbelag nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Triebwerkskomponente (2) eine Dichtspitze auf einem Schaufelspitzen-Deckband ist.
7. 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 Materials 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.
8. 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) Profilätzen der zu beschichtenden Bauteiloberfläche zur Ausbildung einer profilierten Oberfläche aus Schneidkanten (26-29) und Freiräumen (30-32) aus dem Material der Triebwerkskomponente (2),
 - b) thermisches Spritzen eines keramischen Materials auf die profilierte Oberfläche.
9. Verfahren nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, daß das keramische Material unter einem Win-

kel aufgespritzt wird, der die Schneidflächen stärker beschichtet als die Flächen der Freiräume.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

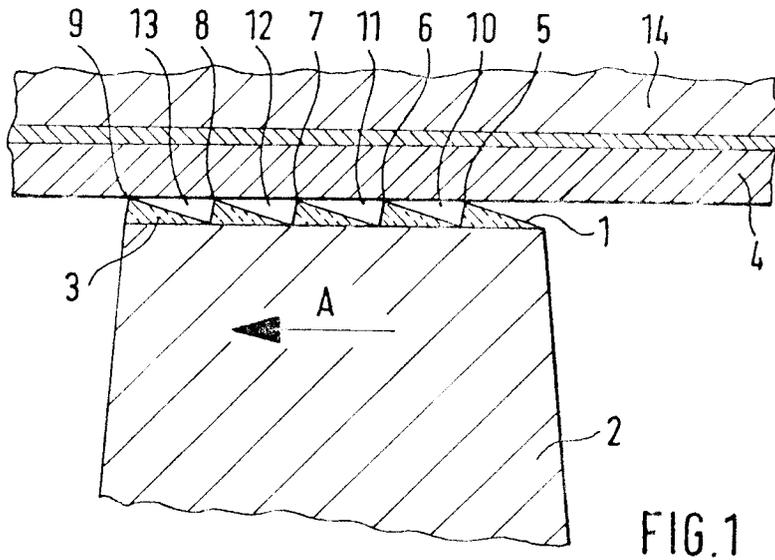


FIG. 1

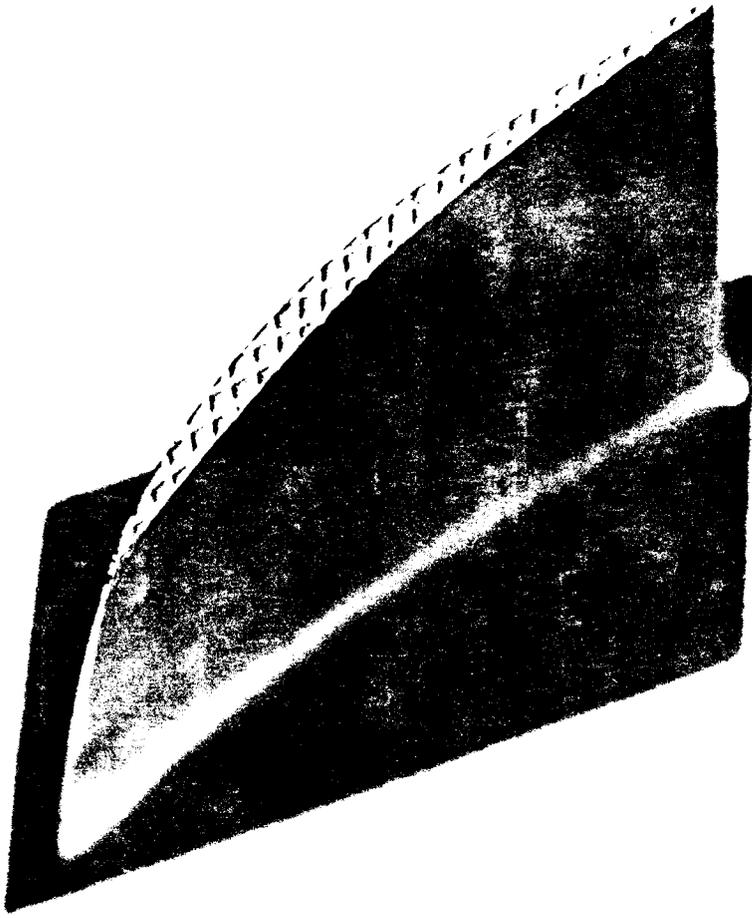


FIG. 2

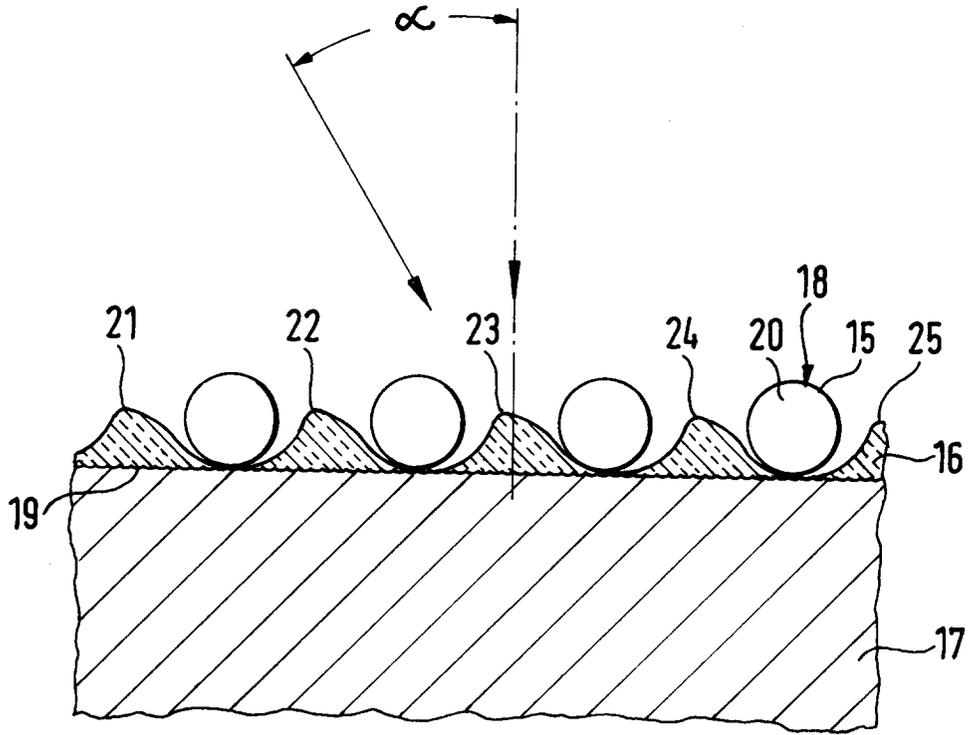


FIG. 3

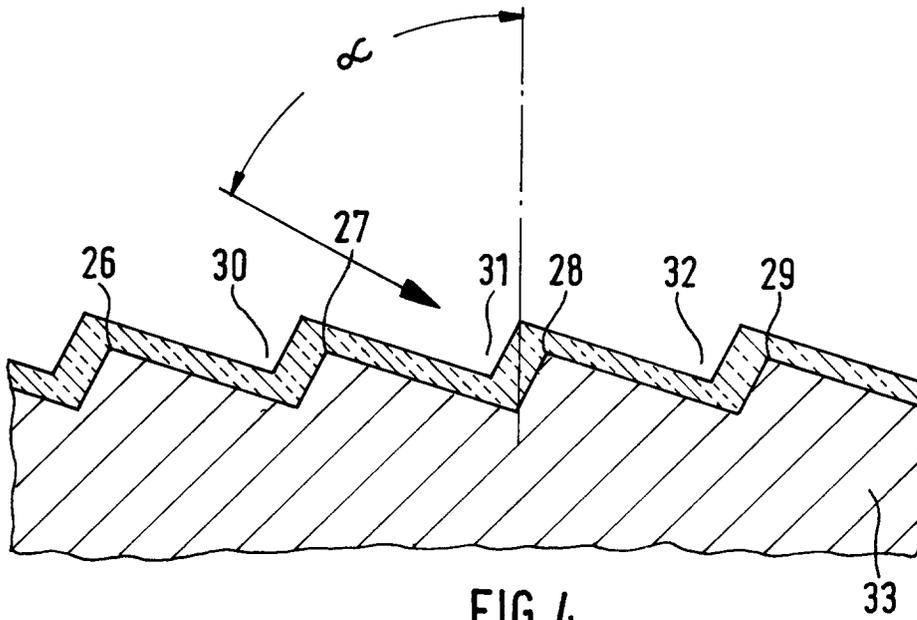


FIG. 4