

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 82106244.5

51 Int. Cl.³: **F 01 D 5/30**
C 04 B 37/00, B 32 B 15/01
B 22 F 7/06

22 Anmeldetag: 13.07.82

30 Priorität: 21.08.81 DE 3133158

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 02.03.83 Patentblatt 83/9

84 Benannte Vertragsstaaten:
 DE FR GB IT NL SE

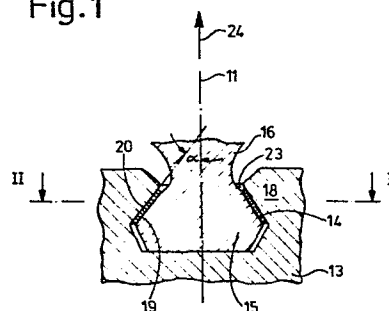
71 Anmelder: **MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION**
MÜNCHEN GMBH
 Dachauer Strasse 665 Postfach 50 06 40
 D-8000 München 50(DE)

72 Erfinder: **Hüther, Werner, Dr.-Ing.**
 Nikolaus-Lenau-Strasse 8
 D-8047 Karlsfeld(DE)

54 Zwischenlage aus Metall und Verfahren zur Herstellung derselben.

57 Diese befindet sich zwischen insbesondere schräg gepreßten Preßflächen zweier Preßflächenträger, von denen zumindest der eine aus Keramik besteht, vorzugsweise zwischen Tragflächen einer Axialaufschauflerbefestigung einer Turbomaschine. Es sollen die Nachteile einer Folie zumindest vermindert werden. Erfindungsgemäß ist die Zwischenlage mindestens ein aus einer Metallpulver-Suspension hergestellter Belag, das Pulver insbesondere aus Platin, Nickel oder Titan. Spannungsspitzen werden besser abgebaut, denn der Belag bzw. die Beläge ist bzw. sind beim Pressen der Preßflächen leichter verformbar als die Folie. Ferner gibt es bei kleinen Teilen keine Montageschwierigkeiten und kein Verrutschen wie bei der Folie. Der nichtmetallische Bestandteil der Suspension ist insbesondere Lack. Sein fester Anteil entweicht durch Erhitzen. Vorzugsweise wird zusammengebaut und die Suspension seitlich aufgetragen, wonach sie durch Kapillarkräfte einfließt.

Fig.1



1 wo/si

MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION
MONCHEN GMBH

5

München, den 21. August 1981

10

Zwischenlage aus Metall und Verfah-
ren zur Herstellung derselben

- 15 Die Erfindung bezieht sich auf eine Zwischenlage gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung bezieht sich ferner auf Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Zwischenlage.
- 20 Die Problematik im Zusammenhang mit der Erfindung wird im folgenden bei der in diesem Oberbegriff bevorzugt angegebenen Axiallaufschaufelbefestigung dargelegt, ist jedoch auch allgemein vorhanden, wenn zu-
- 25 im Preßflächenbereich, einschließlich Preßfläche, aus keramischem Werkstoff besteht.

Bei hohen Temperaturen des Fluids im beschaufelten Strömungskanal wünscht man sich oft die Laufschaufeln, einschließlich ihrer Füße, oder zusätzlich die Läufer-

30 scheibe aus keramischem Werkstoff. Eines der Hauptprobleme liegt dabei in der Verbindung der Keramikschaufel, d.h. ihres also auch keramischen Fußes, mit der Läufer-

scheibe, d.h. also in der Schaufelbefestigung.

35

T-666
21.08.1981

- 1 Die Arten der genannten Nut sind bekannt, d.h. die
Nut verläuft in ihrer Längsrichtung im allgemeinen
entweder als Einzelnut für einen Fuß parallel zur
Läuferachse oder schräg wie bei einem Schrägzahnstirn-
5 rad oder coaxial als Ringnut für sämtliche Schaufeln
bzw. Füße des Schaufelkranzes. Wegen des keramischen
Werkstoffs ist der Fuß in einem zur Nutlängs- und Fuß-
einschieberichtung senkrechten Schnitt meist schwalben-
schwanz- oder tannenzapfenförmig in der Art, daß die
10 genannten, im allgemeinen ebenen Tragflächen (tragen-
den Flächen) des Fußes und der Nut, die in diesem Schnitt
die gleiche Form hat wie der Fuß und in die dieser ein-
geschoben ist, unter einem spitzen Winkel zu der in jener
Richtung verlaufenden, läuferradialen Fuß-Mittelebene
15 liegen. Dieser Flankenwinkel beträgt im allgemeinen 30°
bis 75° . Dadurch sind übrigens die Tragflächen beim
Wirken der Zentrifugalkräfte der Laufschaufel schräg
gepreßt.
- 20 Im Fußbereich treten die höchsten mechanischen Be-
lastungen der Laufschaufel im Betrieb durch die die
Pressung der Tragflächen hervorrufende Fliehkraft der
Laufschaufel auf, so daß die Belastbarkeit sogar hoch-
fester Keramiken, wie z.B. von heißgepreßtem Silizium-
25 nitrid (Si_3N_4), weitgehend ausgenutzt wird bzw. teil-
weise nicht ausreicht.

Eine Hauptschwierigkeit liegt darin, daß die spröde,
nicht plastisch verformbare Keramikschaufel, d.h. ihr
30 Fuß bzw. dessen Tragflächen, längs der Nut an deren
Tragflächen nicht gleichförmig aufliegt bzw. aufliegen,
was durch unvermeidliche Fertigungsungenauigkeiten be-

- 1 dingt ist. Dies führt häufig zu örtlichen Spannungs-
überhöhungen, was die Bruchdrehzahl oder zulässige
Fliehkraftbelastung der Schaufel verkleinert.
- 5 Eine Möglichkeit, diesen Nachteil zu vermindern oder
zu beseitigen, besteht darin, zwischen die Tragflächen
eine Folie aus Metall einzulegen. Diese Folie gleicht,
indem sie plastisch verformt wird, die genannten Fer-
tigungsungenauigkeiten zumindest zum Größten Teil aus
10 und sorgt für eine zumindest einigermaßen gleichmäßige
Krafteinleitung, so daß sich für die Schaufel eine höhere
Bruchdrehzahl oder dgl. und eine größere Lebensdauer
erreichen lassen.
- 15 Zusätzlich verringert die Folie die Reibung zwischen
dem Fuß und der Nut, so daß sich die Gefahr verringert,
daß die Schaufel bzw. ihr Fuß durch Temperaturwechsel
in der Nut verklemmt wird und zusätzliche Belastung er-
fährt. Zur Erklärung dazu folgendes: Die Läuferscheibe
20 wird im Betrieb heiß, wodurch sich die Nut verbreitert
und die Schaufel radial nach außen wandert, und beim
Abkühlen geht die Schaufel, wenn die Folie nicht vor-
gesehen ist, wegen der Reibung nicht zurück, und die
Nutbreite verkleinert sich und übt auf die Schaufel bzw.
25 ihren Fuß zusätzliche Spannung aus.

Nachteilig ist bei der Folie folgendes: Es werden, obwohl
die Folie sich durch plastische Verformungen anpaßt, durch
Fertigungsungenauigkeiten hervorgerufene Spannungsspitzen
30 im keramischen Fuß oder zusätzlich in der keramischen
Läuferscheibe nur teilweise abgebaut. Ferner ist die
Montage der Schaufel bzw. ihres Fußes und der Folie
schwierig, wenn diese Teile klein sind. Des weiteren

35

T-666
21.08.1981

- 1 besteht die Gefahr, daß die Folie vor dem Betrieb oder während des Betriebs der Turbomaschine verrutscht.

Die Aufgabe gemäß der Erfindung besteht darin, diese
5 Nachteile zu vermindern bzw. zu beseitigen u. wird erfindungsgemäß durch das Kennzeichen des Anspruchs 1 gelöst.
Der erfindungsgemäße Belag baut bzw. die beiden erfindungsgemäßen Beläge bauen genannte Spannungsspitzen besser ab, weil dieser Belag bzw. diese Beläge durch das
10 Pressen seitens der Preßflächen leichter verformbar ist bzw. sind als die Folie. Ferner ist der Belag bzw. sind die Beläge mit wenig Mühe herstellbar, und der Belag haftet fest an der Preßfläche oder den beiden Preßflächen bzw. die Beläge haften fest an den beiden Preßflächen.
15 Es tritt bzw. treten an die Stelle der Folie der Belag oder die Beläge, so daß es bei kleiner Schaufel bzw. kleinem Fuß keine Montageschwierigkeiten mehr gibt. Auch gibt es kein Folienverrutschen mehr.

20 Zur Herstellung des Belags wird die bei der Erfindung genannte Metallpulver-Suspension auf die Preßfläche bzw. -flächen aufgebracht, wo sie auf trocknet. Bei einem anschließenden Erhitzen der aufgetrockneten Suspension kann ein fester Anteil des nichtmetallischen Bestandteils
25 der Suspension entweichen, und es bleibt dann der Belag zurück. Er besteht aus dem Metall des Metallpulvers. - Die Metallpulverkörnchen haben eine mittlere Korngröße von insbesondere $0,1\mu\text{m}$ bis $50\mu\text{m}$.

30 Die Erfindung wird im allgemeinen dann angewendet, wenn die Preß- oder Fügestelle außer dem Preßflächendruck noch thermischer Belastung ausgesetzt ist. Die Erfindung kann auch vorteilhafterweise dann angewendet werden, wenn die

35 T-666
21.08.1981

1 Preß- oder Fügstelle unter Druck eines Fluids steht;
die Preß- oder Fügstelle hält mit dem erfindungs-
gemäßen Belag bzw. den erfindungsgemäßen Belägen im
allgemeinen besser dicht als mit der Folie.

5

Die erfindungsgemäße Zwischenlage wird insbesondere bei
Preßflächen verhakter, hintergreifender oder dgl. Preß-
flächenträger, wie z.B. bei den genannten Laufschaufel-
befestigungen, angewendet, wo also dann die Pressung

10 durch Gezogenwerden, bei diesen Laufschaufelbefestigungen
durch die Laufschaufelzentrifugalkraft, zustande kommt.
Sie kann aber auch z.B. bei Gegeneinanderdruck ohne Ver-
hakung angewendet werden.

15 Im folgenden sind vorteilhafte Ausführungen der Erfindung
bzw. der Suspension für die Erfindung angegeben - siehe
auch die Unteransprüche 2 und 3.

Für das Metallpulver sind die im Anspruch 2 genannten
20 Metalle oder Metallmischungen die bevorzugten. Welches
Metall bzw. welche Metallmischung gewählt wird, richtet
sich nach der Betriebstemperatur der mit dem Belag zu
versehenden Preß- oder Fügstelle. Bezüglich des nicht-
metallischen Bestandteils der Suspension richtet man
25 sich im allgemeinen nach dem Anspruch 3. Des weiteren ist
die Suspension meist dünnflüssig. Ferner läßt sich die
Suspension leicht auftragen. Oft wird sie aufgepinselt.
Sie trocknet z.B. in der Art eines Lacks an Luft ab. Der
nichtmetallische Bestandteil der Suspension darf beim
30 Erhitzen auf das Metallpulver nicht oxidierend wirken.
Erwünscht ist eine reduzierende Wirkung, wie z.B. beim
Kolophonium.

35 T-666
21.08.1981

6

1 Zur Herstellung der Zwischenlage wird z.B. gemäß dem
Anspruch 4, vorzugsweise aber gemäß des Anspruchs 5
vorgegangen. So erhält man einen auf einer Preßfläche
oder den beiden Preßflächen haftenden Belag (Anspruch 4
5 oder 5) oder zwei auf den beiden Preßflächen haftende
Beläge (Anspruch 4). Die im Anspruch 5 genannten Kapilar-
kräfte bewirken ein vollständiges Ausfüllen des genannten
Zwischenraums mit der Suspension. Wird gemäß dem Anspruch 5
vorgegangen, werden Fertigungsungenauigkeiten bereits ohne
10 plastische Verformung des Belags weitgehend ausgeglichen,
wodurch Spannungsspitzen besonders wirkungsvoll abgebaut
werden. Wird gemäß dem Anspruch 7 vorgegangen, entsteht
ein Belag, der einer Oxidation weitgehend widersteht. An
Luft oxidierende Metalle sind z.B. Nickel oder Titan.

15

In der Zeichnung ist Ausführungsbeispiel der Erfindung
bei einer Axiallaufschaufelbefestigung an einer Läufer-
scheibe einer Axialgasturbine dargestellt.

20 Fig. 1 zeigt dies in einem zur Nutlängs- und Fußeinschieb-
richtung senkrechten Schnitt I-I, und

Fig. 2 zeigt dies in einem zum Schnitt I-I und zur
läuferradialen Fuß-Mittelebene senkrechten Ebene II-II.

25

Die genannte Richtung ist mit 10, die genannte Mittel-
ebene mit 11 bezeichnet. Die Richtung 10 verläuft - siehe
Fig. 2 - schräg zur Umfangsrichtung - Pfeil 17 - der
Läuferscheibe 13. Im wesentlichen ergeben der keramische
Fuß 15 der keramischen Axiallaufschaufel und die zuge-
hörige Nut 18 der metallischen Läufer-scheibe 13 zusammen
30 mit zwei zur besseren Sicht übertrieben dick darge-
stellten, metallischen Zwischenbelägen 14 die genannten
Axiallaufschaufelbefestigung. An den Fuß 15 schließt
35 sich ein abgebrochen dargestellter, taillenartiger Ober-

1 gangsteil 16 und an diesen, was nicht dargestellt ist,
eine Schaufelplattform und daran das Schaufelblatt an;
die Schaufel besteht einstückig aus allen diesen Teilen.
Es weisen der Fuß 15 und die Nut 18 auf jeder Seite der
5 Mittelebene 11 und soiegebildlich zu ihr zwei mitein-
ander korrespondierende, ebene, zueinander parallele
Tragflächen 19 und 20 auf, die zur Mittelebene 11 unter
einem Flankenwinkel α von etwa 40° verlaufen (siehe
Fig. 1) und zwischen denen sich der Zwischenbelag 14
10 befindet. Jedes der beiden Tragflächenpaare 19, 20 ist
wegen des Flankenwinkels α durch die radial wirkende
Zentrifugalkraft - Pfeil 24 - schräg gepreßt. Die Trag-
flächen 19 und 20 erstrecken sich (siehe Fig. 2) von
der einen Stirnseite 21 bis zur anderen Stirnseite 22
15 der Läuferscheibe 13. Der Zwischenbelag 14 erstreckt
sich über diese gesamte Länge der Tragflächen 19 und 20
(Fig. 2) und die gesamte Breite der Tragfläche 19 und
praktisch die gesamte Breite der Tragfläche 20 (Fig. 1).
Die Tragfläche 19 ist etwas schmaler als die Tragfläche
20 und befindet sich bei Vollast der Axialgasturbine wie
20 in Fig. 1 dargestellt beidseitig in kleinem Abstand von
den Längskanten der Tragflächen 20. - Zur Herstellung
des metallischen Zwischenbelags 14 wird eine Metall-
pulver-Suspension mit einem Lack als nichtmetallischem
25 Bestandteil außen an dem zwischen den Tragflächen 19 und
20 befindlichen Zwischenraum auf der Längsseite 23 des-
selben aufgepinselt, und die Kapillarkräfte füllen
diesen Zwischenraum mit dieser Suspension voll aus.
Die Ausfüllung wird an Luft getrocknet, d.h. das Lösungs-
30 mittel des Lacks verdampft. Dann wird die getrocknete
Ausfüllung durch das in beschauften Strömungsraum
strömende Fluid erhitzt, so daß der feste Anteil des
Lacks entweicht. Der Zwischenbelag 14 haftet fest an
35 den Tragflächen 19 und 20.

T-666
21.08.1981

ivb

1 wo/si

MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION
MONCHEN GMBH

5

München, den 21. August 1981

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Zwischenlage aus Metall zwischen insbesondere
schräg gepreßten Preßflächen zweier Preßflächen-
15 träger, von denen zumindest einer wenigstens im
Preßflächenbereich, einschließlich Preßfläche, aus
keramischem Werkstoff besteht, vorzugsweise zwischen
Tragflächen eines Axialaufschauelfußes und einer
diesen Fuß aufnehmenden Nut eines Läuferteils einer
20 Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Zwischenlage mindestens ein aus
einer Metallpulver-Suspension hergestellter Belag
(14) ist.
- 25 2. Zwischenlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß das Metallpulver aus Platin, Nickel, Chrom,
Titan, Tantal, Kupfer, Magnesium oder Zink oder
einer Mischung aus mindestens zwei dieser Metalle
besteht.
- 30 3. Zwischenlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der nichtmetallische Bestandteil
der genannten Suspension eine organische Flüssigkeit
oder ein Lack oder eine lackartige oder - ähnliche
35

T-666

- 1 Flüssigkeit, vorzugsweise Zapon- oder Nitrolack oder
ein in Alkohol gelöstes Harz, wie z.B. Kolophonium,
ist.
- 5 4. Verfahren zu Herstellung der Zwischenlage nach
Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
die genannte Suspension auf eine der beiden oder
beide Preßflächen (19,20) aufgetragen wird und dann
10 die Preßflächenträger (13,15) zusammengebaut werden
und diese Suspension getrocknet wird oder umgekehrt und
gegebenenfalls die getrocknete Suspension erhitzt bzw.
vor oder nach diesem Zusammenbau erhitzt wird.
- 15 5. Verfahren zur Herstellung der Zwischenlage nach
Anspruch 1,2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
die Preßflächenträger (13,15) zusammengebaut wer-
den, die Suspension außen an dem zwischen den Preß-
flächen (19.20) befindlichen Zwischenraum aufge-
tragen wird und durch Kapillarkräfte in diesen
20 Zwischenraum fließt und darauf die Suspension ge-
trocknet und gegebenenfalls zusätzlich die getrocknete
Suspension erhitzt wird.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß bei nicht an Luft oxidierenden Metallen
des Metallpulvers das genannte Trocknen und das
genannte Erhitzen an Luft, bei an Luft oxidierenden
Metallen des Metallpulvers das genannte Trocknen an
Luft oder in einem Schutzgas und das genannte Er-
30 hitzen in einem Schutzgas durchgeführt wird.
- 35 7. Verfahren nach Anspruch 4,5 oder 6, dadurch ge-
kennzeichnet, daß bei an Luft oxidierenden Metallen
des Metallpulvers zur Herstellung eines oxidations-
festen genannten Belags (14) die aufgetragene Sus-

- 1 pension in reduzierender Schutzgasatmosphäre auf etwa 60% bis etwa 95% der Schmelztemperatur des Metalls des Belags (14) erhitzt wird.

5

14

10

15

20

25

30

35

T-666
21.08.1981

Fig. 1

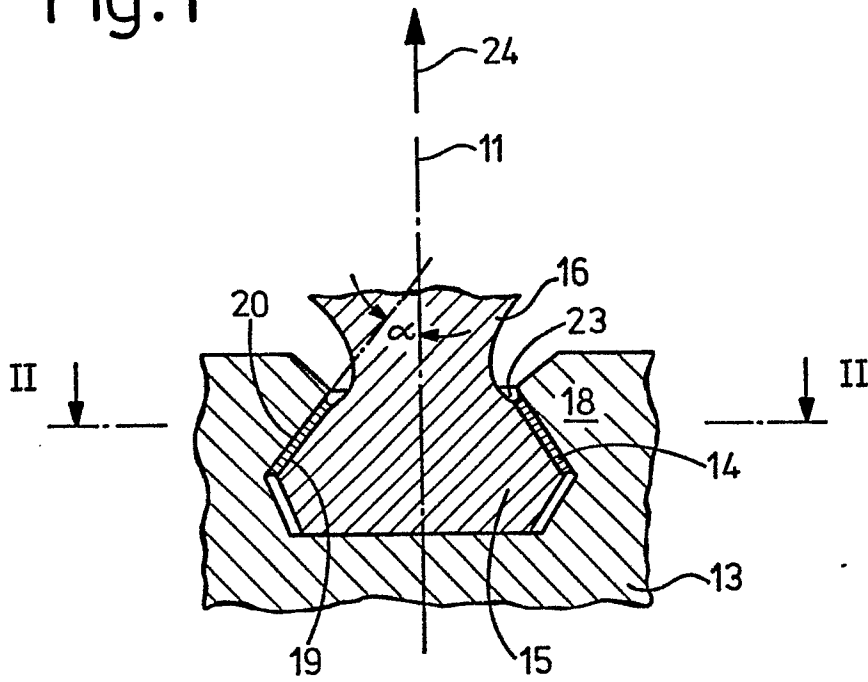


Fig. 2

