



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 072 909**
B1

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
26.11.86

⑤① Int. Cl.⁴: **F 01 D 5/30, C 04 B 37/00,**
B 32 B 15/01, B 22 F 7/06

②① Anmeldenummer: **82106244.5**

②② Anmeldetag: **13.07.82**

⑤④ **Verfahren zur Herstellung einer Zwischenlage aus Metall.**

③① Priorität: **21.08.81 DE 3133158**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.03.83 Patentblatt 83/9

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.11.86 Patentblatt 86/48

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE-A-2 250 563
DE-A-2 834 222
DE-C-879 488
DE-C-886 676
FR-A-997 690
FR-A-2 126 042
US-A-3 910 719

⑦③ Patentinhaber: **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)**

EP 0 072 909 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines oxidationsfesten Belags zwischen schrägen Preßflächen zweier Träger von denen mindestens einer aus Keramik besteht. Eine bevorzugte Anwendung der Erfindung ist die Befestigung von Laufschaufeln zwischen Tragflächen im Rotor (Scheibe) einer Axialturbine.

Die Verbindung von Laufschaufeln mit Läuferscheibe hat, wenn wenigstens eines dieser Bauteile aus keramischem Werkstoff bestand, bisher zu Problemen geführt, insbesondere wenn der Schaufelfuß aus heißgepreßtem Si_3N_4 in einen metallischen Schaufelkranz mit Schwalbenschwanznuten oder in eine genutete Läuferscheibe aus anderer Keramik eingefügt wurde.

Die Arten der genannten Nut sind bekannt, d.h. die Nut verläuft in ihrer Längsrichtung im allgemeinen entweder als Einheit für einen Fuß parallel zur Läuferachse oder schräg wie bei einem Schräg Zahnstirnrad oder koaxial als Ringnut für sämtliche Schaufeln bzw. Füße des Schaufelkranzes. Wegen des keramischen Werkstoffs ist der Fuß in einem zur Nutlängs- und Fußschiebrichtung senkrechten Schnitt meist schwalbenschwanz- oder tannenzapfenförmig in der Art, daß die genannten, im allgemeinen ebenen Tragflächen (tragenden Flächen) des Fußes und der Nut, die in diesem Schnitt die gleiche Form hat wie der Fuß und in die dieser eingeschoben ist, unter einem spitzen Winkel zuder in jener Richtung verlaufenden, läuferradialen Fuß-Mittelebene liegen. Dieser Flankenwinkel beträgt im allgemeinen 30° bis 75° . Dadurch sind übrigens die Tragflächen beim Wirken der Zentrifugalkräfte der Laufschaufel schräg gepreßt.

Im Fußbereich treten die höchsten mechanischen Belastungen der Laufschaufel im Betrieb durch die die Pressung der Tragflächen hervorrufoende Fliehkraft der Laufschaufel auf, so daß die Belastbarkeit sogar hochfester Keramiken, wie z.B. von heißgepreßtem Siliziumnitrid (Si_3N_4), weitgehend ausgenutzt wird bzw. teilweise nicht ausreicht.

Eine Hauptschwierigkeit liegt darin, daß die spröde, nicht plastisch verformbare Keramikschaufel, d.h. ihr Fuß bzw. dessen Tragflächen, längs der Nut an deren Tragflächen nicht gleichförmig aufliegt bzw. aufliegen, was durch unvermeidliche Fertigungsungenauigkeiten bedingt ist. Dies führt häufig zu örtlichen Spannungsüberhöhungen, was die Bruchdrehzahl oder zulässige Fliehkraftbelastung der Schaufel verkleinert.

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 Fertigungsungenauigkeiten zumindest zum Größten Teil aus 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.

5 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 erfährt. Zur
10 Erklärung dazu folgendes: Die Läuferscheibe 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 vorgesehen ist, wegen der
15 Reibung nicht zurück, und die Nutbreite verkleinert sich und übt auf die Schaufel bzw. ihren Fuß zusätzliche Spannung aus.

Nachteilig ist bei der Folie folgendes: Es werden, obwohl die Folie sich durch plastische
20 Verformungen anpaßt, durch Fertigungsungenauigkeiten hervorgerufene Spannungsspitzen im keramischen Fuß oder zusätzlich in der keramischen Läuferscheibe nur teilweise abgebaut. Ferner ist die Montage der
25 Schaufel bzw. ihres Fußes und der Folie schwierig, wenn diese Teile klein sind. Des weiteren besteht die Gefahr, daß die Folie vor dem Betrieb oder während des Betriebs der Turbomaschine verrutscht.

30 Nach der DE-A- 2 834 222 ist ein Verfahren zur Herstellung von Turborotoren insbesondere Gasturbinenrädern bekannt, dem die Schaufelbefestigung durch einsintern der Schaufelfüße in die Radscheibe erfolgt. Als
35 Sinterwerkstoffe können Nickelbasis-Legierungen dienen. Es wird dort auch vorgeschlagen, daß die Schaufelfüße vor dem Einsintern in die Radscheibe mit einem duktilen Material beschichtet werden. Eine solche
40 Beschichtung hat den Zweck die stark unterschiedlichen Wärmedehnungen zwischen Schaufel/Sinterwerkstoff auszugleichen so daß keine unzulässig großen Spannungen an der Grenzfläche zwischen Schaufel und Sinterschicht
45 entstehen. Als Beschichtungsmaterial ist hierfür auch Metallpulver wie z.B. Niob erwähnt, das durch Metallspritzverfahren oder auch in Form wäßriger Lösungen mittels eines Binders auf die Schaufelfüße aufgebracht werden kann. Eine
50 wäßrige Lösung fördert Oxidation.

Ein Metallspritzverfahren muß zwangsläufig vor dem Zusammenbau der Teile mit den Preßflächen durchgeführt werden, weil nach dem Zusammenbau diese Fläche mit einer
55 Spritzpistole nicht mehr von außen erreichbar sind.

Aus der DE-A-2 250 563 ist ein Turbinenrotor bekannt, bei dem eine Lücke zwischen Rotor und Fuß einer Leitschaufel durch weiches Löt-
60 Material gefüllt wird. Ein Lötmaterial muß auf eine weit höhere Löt- bzw. Hartlöttemperatur gebracht werden als dies beim chemischen Aufbringen einer Schicht nötig ist. Hierdurch erweitert sich örtlich der Spalt zwischen
65 Preßflächen, welcher klein und gleichmäßig sein

soll.

Aus der US-A- 3,910,719 ist eine Kompressorradanordnung bekannt, bei der die Lücken zwischen den Wänden der Radscheibenschlitze und den Füßen von Laufschaufeln gefüllt sind mit einer Klebstoffzusammensetzung. Dieser Kleber weist einen Härter auf, nach dessen Aushärten bei geringen Temperaturen die Laufschaufeln fest im Laufrad verankert sein sollen. Ein solcher, im Spalt zwischen den Preßflächen verbleibender Kleber ist nur beschränkt anwendbar bei Druckfestigkeiten und Betriebstemperaturen, die wesentlich unterhalb derjenigen von Turbinen liegen und wobei eine Metalloxydation nicht befürchtet werden muß. Ein Härter oder Binder ist dort notwendig. Sinterverbindungen, Löt- und Klebeverbindungen sind feste Verbindungen. Feste Verbindungen sind nicht überall anwendbar.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines oxidationsfesten Belages zwischen schrägen Preßflächen auf zwei zu verbindenden Trägern, von denen wenigstens einer, aus einem Keramik-Werkstoff besteht, anzugeben, das leicht und sicher auch nach dem Zusammenbau durchgeführt werden kann und bei dem Metallpulver in einer Suspension aufgetragen wird, die nicht oxidierend wirkt.

Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß

a) die Träger der Preßflächen zusammengebaut werden;

b) ein Metallpulver in Suspension in einer organischen Flüssigkeit auf den Preßflächen durch Kapillarkräfte im schmalen Zwischenraum zwischen den Preßflächen aufgetragen wird;

c) die Suspension zwischen den Preßflächen getrocknet und das organische Mittel ausgetrieben wird.

Die erfindungsgemäß hergestellte Verbindung ist nachgiebig. Dadurch werden Spannungsspitzen besser abgebaut weil ein solcher Belag bzw. diese Beläge durch das Pressen seitens der Preßflächen leicht verformbar ist, bzw. besser verformbar sind als eine Folie. Ferner ist der Belag, bzw. sind die Beläge, mit wenig Mühe herstellbar und der Belag haftet fest an der Preßfläche, bzw. die Beläge haften fest an beiden Preßflächen.

Zur Herstellung des Belags wird die bei der Erfindung genannte Metallpulver-Suspension auf die Preßfläche bzw. -flächen aufgebracht, wo sie aufdrocknet. Bei einem anschließenden Erhitzen der aufgetrockneten Suspension können die nichtmetallischen Bestandteile 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 µm bis 50 µm.

Die Erfindung wird im allgemeinen dann angewendet, wenn die Preß- oder Fügestelle außer dem Preßflächendruck noch hoher thermischer Belastung ausgesetzt ist. Die

Erfindung kann auch vorteilhafterweise dann angewendet werden, wenn die die Preß- oder Fügestelle unter Druck eines Fluids steht; die Preß- oder Fügestelle hält mit dem erfindungsgemäßen Belag bzw. den erfindungsgemäßen Belägen im allgemeinen besser dicht als mit der Folie.

Der erfindungsgemäß hergestellte Belag wird insbesondere bei Preßflächen verhakter, hintergreifender oder dergleichen Preßflächenträger, wie z.B. bei den genannten Laufschaufelbefestigungen, angewendet, wo also dann die Pressung durch Gezogenwerden, bei diesen Laufschaufelbefestigungen durch die Zentrifugalkraft, zustande kommt. Sie kann aber auch z.B. bei Gegeneinanderdruck ohne Verhakung angewendet werden.

Für Suspension des Metallpulvers in einer organischen Flüssigkeit kann ein Lack, eine lackartige oder ähnliche Flüssigkeit, vorzugsweise Zapon- oder Nitrolack der ein in Alkohol gelöstes Harz, wie z.B. Kolophonium, gewählt werden. Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist das Metallpulver ausgewählt aus der Gruppe Platin, Nickel, Chrom, Titan, Tantal, Kupfer, Magnesium, Zink oder eine Mischung aus mindestens zweien dieser Metalle. Welches Metall bzw. welche Metallmischung gewählt wird, richtet sich nach der Betriebstemperatur der mit dem Belag zu versehenen Preß- oder Fügestelle. Des weiteren ist die verwendete Suspension meist dünnflüssig. Ferner läßt sich die Suspension leicht auftragen. Sie trocknet z.B. in der Art eines Lacks an Luft ab. Der nichtmetallische Bestandteil der Suspension darf beim Erhitzen auf das Metallpulver nicht oxidierend wirken. Erwünscht ist eine reduzierende Wirkung, wie z.B. beim Kolophonium. Die nichtmetallischen Bestandteile lassen sich durch Erhitzen vollständig austreiben.

Die erfindungsgemäße Herstellung eines oxidationsfesten Belags mit Hilfe einer leicht auftragbaren Metallpulversuspension hat den Vorteil, daß ein Auftragen auf den Preßflächen noch nach dem Zusammenbau der Teile möglich ist. Dies infolge der guten Fließeigenschaften der Suspension die aber auch leicht trocknet und leicht ausbrennbar ist. Ferner ist sie nicht oxidierend, was besonders bei an Luft oxidierenden Metallpulvern von Nutzen ist.

Ein vollständiges Ausfüllen des schmalen Zwischenraums zwischen den Preßflächen wird mit Hilfe von Kapillarkräften erleichtert. Der Belag wird gleichmäßig und gut haftend auf den Preßflächen niedergeschlagen. Fertigungsgenauigkeiten werden bereits ohne plastische Verformungen des Belags weitgehend ausgeglichen. Bei Verwendung von Metallpulvern an Luft oxidierender Metalle wie z.B. Nickel oder Titan kann das aufbringen in reduzierender Atmosphäre erfolgen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung bei einer Axiallaufschaufelbefestigung an einer

Läuferscheibe einer Axialgasturbine dargestellt.

Fig. 1 zeigt dies in einem zur Nutlängs- und Fußeinschiebrichtung senkrechten Schnitt I-I, und

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

Die genannte Richtung ist mit 10, die genannte Mittelebene 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 Axialaufschaukel und die zugehörige Nut 18 der metallischen Läuferscheibe 13 zusammen mit zwei zur besseren Sicht übertrieben dick dargestellten, metallischen Zwischenbelägen 14 die genannten Axialaufschaukelbefestigung. An den Fuß 15 schließt sich ein abgebrochen dargestellter, tailenartiger Übergangsteil 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 Mittelebene 11 und spiegelbildlich zu ihr zwei miteinander 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 befindet. Jedes der beiden Tragflächenpaare 19, 20 ist wegen des Flankenwinkels α durch die radial wirkende Zentrifugalkraft - Pfeil 24 - schräg gepreßt. Die Tragflächen 19 und 20 erstrecken sich (siehe Fig. 2) von der einen Stirnseite 21 bis zur anderen Stirnseite 22 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 in Fig. 1 dargestellt beidseitig in kleinem Abstand von den Längskanten der Tragflächen 20. - Zur Herstellung des metallischen Zwischenbelags 14 wird eine Metallpulver-Suspension mit einem Lack als nichtmetallischem Bestandteil außen an dem zwischen den Tragflächen 19 und 20 befindlichen Zwischenraum auf der Längsseite 23 desselben aufgespritzt, und die Kapillarkräfte füllen diesen Zwischenraum mit dieser Suspension voll aus. Die Ausfüllung wird an Luft getrocknet, d.h. das Lösungsmittel des Lacks verdampft. Dann wird die getrocknete Ausfüllung durch das in beschauelten Strömungsraum strömende Fluid erhitzt, so daß der feste Anteil des Lacks entweicht. Der Zwischenbelag 14 haftet fest an den Tragflächen 19 und 20.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines oxidationsfesten Belags im Bereich schräger Preßflächen (19, 20) auf zwei zu verbindenden Trägern (13, 15) von denen wenigstens einer aus keramischem Werkstoff besteht, dadurch gekennzeichnet, daß

a) die Träger (13, 15) der Preßflächen (19, 20) zusammengebaut werden;

b) ein Metallpulver in Suspension in einer organischen Flüssigkeit auf den Preßflächen (19, 20) durch Kapillarkräfte im schmalen Zwischenraum zwischen den Preßflächen aufgetragen wird;

c) die Suspension zwischen den Preßflächen (19, 20) getrocknet und das organische Mittel ausgetrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtmetallische Bestandteil der Suspension ein Lack oder eine lackartige o.ä. Flüssigkeit, vorzugsweise Zapon- oder Nitrolack, oder ein in Alkohol gelöstes Harz, wie Kolophonium ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei nicht an Luft oxidierenden Metallen des Metallpulvers das Trocknen und ein zusätzliches Erhitzen an Luft erfolgt, bei an Luft oxidierenden Metallen des Metallpulvers das Trocknen an Luft oder in einem Schutzgas und ein zusätzliches Erhitzen in einem Schutzgas durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei an Luft oxidierenden Metallen des Metallpulvers zur Herstellung eines oxidationsfesten Belags (14), die aufgetragene Suspension in reduzierender Schutzgasatmosphäre auf etwa 60 bis etwa 95% der Schmelztemperatur des Metalls des Belags (14) erhitzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallpulver eines oder mehrerer Metalle der Gruppe Platin, Nickel, Chrom, Titan, Tantal, Kupfer, Magnesium, Zink in einer mittleren Korngröße von etwa $0,1 \mu\text{m}$ bis $50 \mu\text{m}$ in Lack oder lackartiger Flüssigkeit enthalten ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch das Verbinden zweier Träger (13, 15) mit ihren Preßflächen (19, 20) wovon eine Fläche (20) die schräge Fläche an einer Ausnehmung der Rotorscheibe einer Strömungsmaschine und die andere Fläche (19) die schräge Fläche eines Fußes (15) einer Schaufel bildet, die in der Ausnehmung befestigt wird.

Claims

1. Method of producing an oxidation-resistant coating in the region of oblique pressing surfaces (19, 20) on two carriers (13, 15) which are to be connected and of which at least one consists of

ceramic material, characterised in that

a) the carriers (13, 15) of the pressing surfaces (19, 20) are assembled together;

b) a powdered metal in suspension in an organic fluid is applied to the pressing surfaces (19, 20) by capillary forces in the narrow intermediate space between the pressing surfaces;

c) the suspension between the pressing surfaces (19, 20) is dried and the organic medium is forced out.

2. Method according to Claim 1, characterised in that the non-metallic constituent of the suspension is a lacquer or a lacquer-like or similar fluid, preferably zapon or cellulose nitrate lacquer, or is a resin such as colophony or pine resin dissolved in alcohol.

3. Method according to one of Claims 1 or 2, characterised in that in the case of metals used in the powdered metal and which do not oxidise on contact with air, drying and additional heating takes place in air, while in the case of metals which are used in the powdered metal and which do oxidise on contact with air, drying is carried out in air or in a barrier gas, an additional heating being carried out in a barrier gas.

4. Method according to one of the preceding Claims, characterised in that in the case of the metals of the powdered metal oxidising on contact with air, production of an oxidation-resistant coating (14) involves heating the applied suspension in a reducing barrier gas atmosphere to about 60 up to about 95% of the fusion temperature of the metal in the coating (14).

5. Method according to Claim 1, characterised in that the powdered metal of one or a plurality of metals of the group platinum, nickel, chromium, titanium, tantalum, copper, magnesium, zinc is contained in the lacquer or lacquer-like fluid in a medium granulation of about 0.1 μm up to 50 μm .

6. Method according to one of the preceding Claims, characterised by the combination of two carriers (13, 15) with their pressing surfaces (19, 20), of which one surface (20) forms the oblique face on a recess in the rotor disc of a fluid-flow or turbo engine and the other surface (19) forms the oblique surface on a root (15) of a blade which is fixed in the recess.

Revendications

1°) Procédé pour réaliser un dépôt résistant à l'oxydation dans la zone de surfaces obliques de pression (19, 20) sur deux supports à relier (13, 15) dont un au moins est constitué d'un matériau céramique, procédé caractérisé en ce que:

a) les supports (13, 15) des surfaces de pression (19, 20) sont assemblés;

b) une poudre métallique en suspension dans un liquide organique est déposée sur les surfaces de pression (19, 20) grâce aux forces capillaires dans l'étroit espace intercalaire entre les surfaces

de pression;

c) la suspension entre les surfaces de pression (19, 20) est séchée et le produit organique est extrait.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie constituante non métallique de la suspension est une laque ou bien un liquide du genre laque ou analogue, de préférence du vernis Zapon ou de la laque cellulosique, ou bien une résine dissoute dans l'alcool telle que la colophane.

3°) Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans le cas où les métaux de la poudre métallique ne s'oxydent pas à l'air, le séchage et un chauffage supplémentaire s'effectuent en présence d'air, tandis que dans le cas de métaux de la poudre métallique s'oxydant à l'air, le séchage s'effectue en présence d'air ou bien dans un gaz de protection et un chauffage supplémentaire est effectué dans un gaz de protection.

4°) Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que dans le cas où les métaux de la poudre métallique s'oxydent à l'air, pour réaliser un dépôt résistant à l'oxydation (14), la solution qui a été déposée est chauffée en atmosphère réductrice d'un gaz de protection entre environ 60 et environ 95 % de la température de fusion du métal du dépôt (14).

5°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la poudre métallique de un ou plusieurs métaux du groupe platine, nickel, chrome, titane, tantale, cuivre, magnésium, zinc est contenue, avec une grosseur moyenne de grains d'environ 0,1 μm à 50 μm , dans une laque ou bien un liquide du genre laque.

6°) Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'on combine deux supports (13, 15) avec leurs surfaces de pression (19, 20), l'une (20) de ces surfaces constituant la surface oblique sur un évidement du disque du rotor d'une turbomachine tandis que l'autre surface (19) constitue la surface oblique d'un pied (15) d'une ailette, qui est fixé dans cet évidement.

50

55

60

65

Fig.1

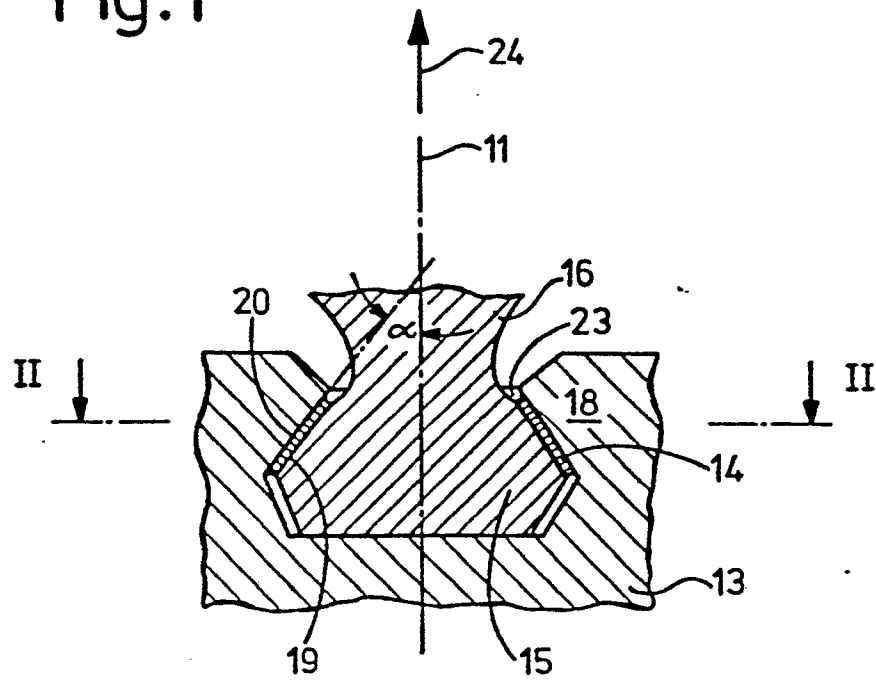


Fig. 2

