



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 20 549 T2 2007.06.06

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 148 208 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 20 549.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 303 458.2

(96) Europäischer Anmeldetag: 12.04.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 24.10.2001

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 14.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 06.06.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F01D 9/04 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

MI000870 18.04.2000 IT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, LI, SE

(73) Patentinhaber:

Nuovo Pignone Holding S.p.A., Florence, IT

(72) Erfinder:

Ghelli, Giuseppe, 52043 Castiglion Fiorentino  
(Arezzo), IT

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: Turbinenstator

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Statorzwischenwand in einer Dampfturbine oder einem Gasexpander.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Statorzwischenwand einer Dampfturbine oder eines Gasexpanders.

**[0003]** Wie allgemein bekannt ist, sind Dampfturbinen mit Dampf, im Allgemeinen mit Wasserdampf, versorgte Maschinen und geeignet, einen Teil der nach der Ausdehnung des Dampfes oder eines zuvor verdichteten Gases frei werdenden kinetischen Energie in mechanische Arbeit umzuwandeln.

**[0004]** Insbesondere wird in diesen Maschinen bewirkt, dass der zuvor überhitzte oder gesättigte Dampf oder ein verdichtetes Gas in die Turbine expandiert, indem es durch mehrere einander abwechselnde Stator- und Rotorstufen strömt.

**[0005]** Die Rotorstufen sind Bestandteil der Triebwelle, auf die sie das Gesamtdrehmoment übertragen, während die Statorstufen dazu dienen, den Dampf- oder Gasstrom unter geeigneten Bedingungen zum Einlass der Rotorschaufeln zu leiten.

**[0006]** Der Stator besteht aus einem Satz Leit schaufeln, die jeweils paarweise eine Düse bilden.

**[0007]** Alle Statorschaufeln einer Stufe sind an dem Gehäuse der Turbine und innen an einem geeigneten Befestigungselement, normalerweise als Innenring bezeichnet wird.

**[0008]** Die derzeitige Technik zum Konstruieren und Montieren der Statorteile von Dampfturbinen oder Gasexpandern bekannter Bauart basiert auf dem folgenden Bearbeitungszyklus.

**[0009]** Zunächst wird die Schaufel aus einem gezogenen Stab erzeugt, zugeschnitten und an den Enden bearbeitet, um eine Verbindung für das Gehäuse und einen Zapfen zum Befestigen des Innenrings zu erzeugen.

**[0010]** Genauer gesagt weist das Gehäuse einen C-förmigen Hohlraum auf, in den die Schaufeln in Umfangsrichtung eingesetzt werden.

**[0011]** Der Abstand zwischen den Schaufeln wird durch ein Abstandsstück sichergestellt, das zur Verankerung an dem Gehäuse der gleichen Endbearbeitung unterliegt wie die Schaufel.

**[0012]** Es werden somit abwechselnd Schaufeln und Abstandsstücke in einem an dem Gehäuse der Turbine eingebrachten Schlitz montiert.

**[0013]** Anschließend wird an dem anderen Ende der Schaufel auf geeignete Weise ein perforierter Ring montiert, und seine Verankerung wird sichergestellt, indem die Schaufelzapfen mit dem Ring vernietet werden.

**[0014]** Es ist jedoch nachvollziehbar, dass das vorstehend beschriebene System zum Montieren der Statorstufe erhebliches manuelles Geschick erfordert und deswegen zu langen Montagezeiten und einem qualitativen Ergebnis führt, das von den Fertigkeiten des jeweiligen Bedieners abhängt.

**[0015]** Darüber hinaus ist dieses Herstellungsverfahren, obwohl es sich über Jahre als richtig erwiesen hat, heutzutage mit den aktuellen Forderungen nach kürzeren Konstruktionszeiten und Prozesswiederholbarkeit weniger vereinbar, die charakteristisch für die typischen spezifischen Bedingungen des heutigen Wettbewerbsmarkt sind.

**[0016]** Schließlich ist nachvollziehbar, dass die optionale Demontage dieses Statorstufentyps, wenn beispielsweise ein Austausch erforderlich ist, eben wegen der großen Anzahl von Einzelteilen auch mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden ist.

**[0017]** Das Dokument EP-A-0 947 666 beschreibt einen Hochtemperatur-Löt vorgang auf der Grundlage einer externen Abstützung zum Befestigen der Schaufelenden.

**[0018]** Das Dokument US 3,909,157 geht auf eine mehrteilige Konstruktion für eine Turbinenleitradbau gruppe ein.

**[0019]** Das Dokument EP-A-0 575 742 betrifft das Rotorlaufrad einer Turbine mit Rotorlauf schaufeln aus einem gezogenen, mit einem Profil versehenen Material, die mit wenigstens einem Ende in eine mit geformten Ausschnitten ausgeführte Halteplatte eingesetzt sind.

**[0020]** Das Dokument US 5,732,468 beschreibt ein Schaufelblatt und ein Deckband- oder Plattformglied eines Leitsegments, z. B. von einem Turbinen triebwerk, die an einer nichtgeraden Fuge verbunden sind, die zwischen in dem Deckband ausgebildeten Bord und einem Ende und Rand des Schaufelblatts ausgebildet ist.

**[0021]** Das Dokument GB-A-1 304 001 beschreibt eine Statorschaufelanordnung für Strömungsmaschinen, wie z. B. ein Gasturbinentriebwerk, die eine starr in einem Schlitz eines Statorschaufelrings 6 sitzende Statorschaufel aufweist.

**[0022]** Das Dokument US 5,332,360 beschreibt eine Statorschaufel eines Gasturbinentriebwerks, die an einem ihrer Enden zwischen dem vorderen und

dem hinteren Rand eine sich seitlich in eine äußere Fläche erstreckende Nut zur Aufnahme eines Hartlötmaterials aufweist.

**[0023]** Das Dokument US4509238 beschreibt Schaufelblätter im Dampfströmungspfad einem Dampfturbinenzwischenboden, die in Slitze von vollständig kreisförmigen Deckplatten montiert und durch Schweißen strukturell mit diesen verbunden ist.

**[0024]** Ziel der Erfindung ist deshalb die Schaffung eines Verfahrens zum Erzeugen einer Statorzwischenwand in einer Dampfturbine oder einem Gasexpander, das eine Verkürzung der Konstruktions- und Montagezeit sowie der damit verbundenen Bearbeitungszeit mit den sich daraus ergebenden finanziellen Vorteilen ermöglicht.

**[0025]** Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht in der Schaffung eines Verfahrens zum Konstruieren und Hartlöten der Zwischenböden von Dampfturbinen oder Gasexpandern, das eine deutliche Reduzierung der Konstruktionsfehler ermöglicht.

**[0026]** Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht in der Schaffung eines Verfahrens zum Konstruieren und Hartlöten der Zwischenwände von Dampfturbinen oder Gasexpandern (Diffusoren), das eine erhebliche Vereinfachung von nachfolgenden Reparatur- oder Austauscharbeitsgängen ermöglicht.

**[0027]** Gemäß eines ersten Aspekts schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 1 zum Erzeugen einer Statorzwischenwand in einer Dampfturbine oder einem Gasexpander.

**[0028]** Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die vorliegende Erfindung eine Statorzwischenwand einer Dampfturbine oder eines Gasexpanders nach Anspruch 7.

**[0029]** Weitere Aspekte sind in den abhängigen Ansprüchen beansprucht.

**[0030]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Phase zur Vorbereitung der Ringe ausgeführt, indem die Ringe getrennt mittels Wasserstrahlschneiden für den Zweck, die radialen Hohlräume mit dem Profil der Schaufeln zu erhalten, mit Hilfe einer numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine bearbeitet werden.

**[0031]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Phase zur Vorbereitung der Hohlräume der Ringe ausgeführt, indem die Hohlräume mittels Laser geschnitten werden.

**[0032]** Als Alternative wird die Phase zur Vorberei-

tung der Hohlräume der Ringe ausgeführt, indem die Hohlräume mittels Elektronenentladungsbearbeitung geschnitten werden.

**[0033]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das pastenartige Hartlötmaterial in die Hohlräume mit dem Profil der Schaufeln eingebracht. Der nachfolgende Ofen-Hartlötvorgang unter Vakuum fördert das Eindringen des Hartlötmaterials in den Zwischenraum zwischen dem Profil der Schaufeln und den Hohlräumen.

**[0034]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Zwischenwand im Anschluss an den Hartlötvorgang den Endabmessungen entsprechend bearbeitet und mittels Elektronenentladungsbearbeitung in zwei Halbringe zur Endmontage im Gehäuse der vorstehend erwähnten Dampfturbine oder des vorstehend erwähnten Gasexpanders geschnitten.

**[0035]** Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem eine Statorzwischenwand für eine Dampfturbine oder einen Gasexpander, die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie zwei Ringe umfasst, die getrennt bearbeitet werden, um das Profil der Schaufeln aufweisende und für die anschließende Aufnahme der vorstehend erwähnten Schaufeln geeignete radiale Hohlräume zu erhalten, in die eine geeignete Menge pastenartiges Hartlötmaterial eingebracht wird.

**[0036]** Weitere Merkmale der Erfindung sind in den der vorliegenden Patentanmeldung beigefügten Ansprüchen definiert.

**[0037]** Weitere Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus einem Studium der nachfolgenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnungen hervor, die ausschließlich als nicht erschöpfendes, veranschaulichendes Beispiel bereitgestellt werden:

**[0038]** [Fig. 1](#) zeigt eine teilweise als Schnitt entlang der Ebene I-I aus [Fig. 2](#) dargestellte schematische Vorderansicht einer Statorschaufel, die zu einer Gruppe von mit einer Statorzwischenwand verbundenen Statorschaufeln gehört und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren fixiert wird;

**[0039]** [Fig. 2](#) zeigt eine teilweise als Schnitt entlang der Ebene II-II aus [Fig. 1](#) dargestellte schematische Ansicht der in [Fig. 1](#) dargestellten Statorschaufel.

**[0040]** [Fig. 3](#) zeigt entlang der Richtung A aus [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht des mit Hartlötmaterial gefüllten und mit einer Statorschaufel verbundenen Hohlraums dar.

**[0041]** Unter besonderer Bezugnahme auf die erwähnten Zeichnungen wird die Baugruppe, die die

Statorzwischenwand und die an ihr befestigten Schaufeln umfasst, allgemein durch das Bezugszeichen **10** gekennzeichnet.

**[0042]** Im Wesentlichen wird durch das erfindungsgemäße Bearbeitungsverfahren jede Schaufel **11** an den Enden an zwei Ringen **12** und **13** befestigt, um eine Zwischenwand **10** zu erzeugen.

**[0043]** Im Besonderen wird ein erstes Ende jeder Schaufel **11** an einem inneren Ring **12** befestigt, während ein anderes Ende jeder Schaufel **11** an einem äußeren Ring **13** befestigt wird.

**[0044]** Die so gebildete Zwischenwand **10** wird anschließend in dem Dampfturbinen- oder Gasexpandergehäuse montiert, in dem zuvor ein Hohlräum mit rechteckigem Querschnitt erzeugt wurde.

**[0045]** Die Zwischenwand **10** entsteht folglich mit zwei, vorzugsweise geschmiedeten, Ringen **12** und **13**, die getrennt in einem Wasserstrahlschneideverfahren bearbeitet werden.

**[0046]** Auf diese Weise werden das Profil der Schaufeln **11** aufweisende radiale Schlitze für die anschließende Aufnahme der Schaufeln erzeugt.

**[0047]** Das Schneiden wird mit einer numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine ausgeführt.

**[0048]** Gemäß einer Anzahl alternativer Varianten der vorliegenden Erfindung kann der Schneideprozess mittels Laser oder mittels Elektronenentladungsbearbeitung ausgeführt werden.

**[0049]** Die Schaufeln **11** werden stets aus einem gezogenen Stab erzeugt wie vorstehend ausgeführt zugeschnitten, aber nicht bearbeitet, um den oberen Hohlräum für ihre Verankerung im Gehäuse aufzuweisen, sodass der Stift am anderen Ende daher nicht mehr vorhanden ist.

**[0050]** Das pastenartige Hartlötmaterial **14** und **14'** wird in die Hohlräume **15** und **15'** und in den Zwischenraum zwischen dem Profil der Schaufeln **11** und den Hohlräumen **15** und **15'** des äußeren Rings **13** und des inneren Rings **12** eingebracht.

**[0051]** Das Hartlöten erfolgt gemäß den nachfolgend genannten Parametern unter Vakuum bei kontrollierter Temperatur in einem Ofen.

**[0052]** Die Schaufeln **11** werden befestigt, indem mit Schweißmaterial eine kleine Schweißraupe (nur an der Innenseite des Rings) erzeugt wird, sodass für die nachfolgenden Arbeitsgänge ein fester Sitz garantiert ist.

**[0053]** Als Hilfsmittel für das Einspritzen der Hartlöt-

paste wird ein Leinenklebeband auf die Außen- und Innendurchmesser der Ringe aufgebracht.

**[0054]** Das pastenartige Hartlötmaterial **14** und **14'** wird dann von der Seite des Durchmessers des inneren Rings **12** und des äußeren Rings **13** in die Hohlräume **15** und **15'** an den Ringen eingespritzt, wobei darauf geachtet wird, den Einspritzdruck so zu steuern, dass ein Ansteigen der Paste **14**, **14'** bis an die Grenze der Eckkanten des dem Dampfströmungskanal gegenüberliegenden Schlitzes bewirkt wird.

**[0055]** Das Hartlöten erfolgt unter Vakuum in einem Ofen bei einem Druck von weniger als  $5 \times 10^{-3}$  Torr.

**[0056]** Nach dem Hartlöten wird die Zwischenwand **10** den Endabmessungen entsprechend bearbeitet und anschließend mittels Elektronenentladungsbearbeitung per Draht oder Laser in zwei Halbringe geschnitten.

**[0057]** Die Endmontage im Gehäuse wird folglich allein auf die Phase des Einbaus der zwei Halbringe reduziert.

**[0058]** Die Merkmale des Verfahrens zum Erzeugen einer Statorzwischenwand in einer Dampfturbine, auf die sich die vorliegende Erfindung bezieht, sind aus der gelieferten Beschreibung ebenso ersichtlich wie dessen Vorteile.

**[0059]** Die folgenden abschließenden Bemerkungen sollen diese Vorteile präziser definieren.

**[0060]** Die vorstehend beschriebene Erfindung ermöglicht es, in eine einzige Zwischenwand zwei Ringe einzubauen, mit deren Innerem die Schaufeln des Stators durch Hartlöten vollständig verbunden werden.

**[0061]** Diese Lösung ermöglicht die Verwendung einer geringeren Anzahl von Einzelteilen und erlaubt eine erhebliche Vereinfachung der Arbeitsgänge für das Austauschen der Zwischenwand **10**, wenn dies notwendig wird.

**[0062]** In der Tat besteht ein wirklich wichtiger Aspekt der erfindungsgemäßen Statorzwischenwand **10** in der Tatsache, dass dank ihr nur zwei Elemente – die obere Halbring und der untere Halbring – zu bearbeiten sind und nicht, wie in dem Stand der Technik entsprechenden Systemen, alle Schaufeln **11**.

**[0063]** Dies bedeutet, dass die Endmontage und jeder eventuell notwendige Austausch in einer weitaus kürzeren Zeitspanne bei verkürzten Maschinenstillstandszeiten und unter sich daraus ergebenden finanziellen Einsparungen ausgeführt werden können.

**[0064]** Darüber hinaus wird die strukturelle Festig-

keit der Zwischenwand erhöht, und die Fertigungstoleranzen werden reduziert, was auch der Automation des Fertigungsprozesses und der Beseitigung von manuellen Anpassungen zu verdanken ist.

**[0065]** Die Technologie des Wasserstrahlschneidens und insbesondere einer numerisch gesteuerten Maschine wurde an das Ausschneiden der Schlitz angepasst und ermöglicht, das am Profil der Schaufeln **11** ein Zwischenraum von 0,05–0,2 mm Breite erzeugt wird, wodurch eine sparsame Bearbeitung und präzise Ergebnisse gewährleistet werden.

**[0066]** Es ist offensichtlich, dass das Verfahren zum Erzeugen einer Statorzwischenwand in einer Dampfturbine, auf das die vorliegende Erfindung Bezug nimmt, in mehreren Varianten eingeführt werden kann, ohne dadurch vom Geltungsbereich der Ansprüche abzuweichen.

**[0067]** Schließlich ist es offensichtlich, dass bei der praktischen Umsetzung der Erfindung für die beschriebenen Komponenten je nach den Anforderungen beliebige Materialien, Formen und Bemaßungen verwendet und durch andere ersetzt werden können, die in technischer Hinsicht gleichwertig sind.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Statorzwischenwand **(10)** in einer Dampfturbine oder einem Gasexpander, einschließlich einer Phase der Vorbereitung von zwei Ringen **(12, 13)**, die getrennt bearbeitet werden, um radiale Hohlräume **(15, 15')** mit dem Profil der Schaufeln **(11)** einer Statorstufe der Dampfturbine oder des Gasexpanders zu erhalten, und zum Einsetzen entsprechender Enden der Statorschaufeln **(11)** in die Hohlräume **(15, 15')** der zwei Ringe **(12, 13)** und

gekennzeichnet durch:

Aufbringen eines Leinenklebebandes auf die Außen- und Innendurchmesser der Ringe, Einspritzen einer Menge eines Hartlötmaterials **(14, 14')** in pastenartiger Form in die Hohlräume, wobei darauf geachtet wird, den Einspritzdruck so zu steuern, dass ein Ansteigen des pastenartigen Hartlötmaterials **(14, 14')** bis an die Grenze der Eckkanten des dem Dampf- oder Gasströmungskanal gegenüberliegenden Schlitzes bewirkt wird, und dass dann die Ringe einem Ofen-Hartlötvorgang unter Vakuum unterzogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorstehend erwähnte Vorbereitungsphase der vorstehend erwähnten Ringe **(12, 13)** ausgeführt wird, indem die vorstehend erwähnten zwei Ringe **(12, 13)** getrennt mittels Wasserstrahlschneidens für den Zweck, die vorstehend erwähnten radialen Hohlräume **(15, 15')** mit dem Profil der Schaufeln **(11)** zu erhalten, mit Hilfe einer numerisch

gesteuerten Bearbeitungsmaschine bearbeitet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorstehend erwähnte Vorbereitungsphase der Hohlräume **(15, 15')** der vorstehend erwähnten Ringe **(12, 13)** ausgeführt wird, indem die vorstehend erwähnten Hohlräume **(15, 15')** mittels Laser geschnitten werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorstehend erwähnte Vorbereitungsphase der Hohlräume **(15, 15')** der vorstehend erwähnten Ringe **(12, 13)** ausgeführt wird, indem die vorstehend erwähnten Hohlräume **(15, 15')** mittels Elektronenentladungsbearbeitung geschnitten werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hartlötmaterial **(14, 14')** in der Form einer Paste in die vorstehend erwähnten Hohlräume **(15, 15')** und in dem Zwischenraum zwischen dem Profil der Schaufeln **(11)** und den vorstehend erwähnten Hohlräumen **(15, 15')** der Ringe **(12, 13)** eingeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anschließend an den Hartlötvorgang die vorstehend erwähnte Zwischenwand **(10)**, den Endabmessungen entsprechend bearbeitet und in zwei Halbringe mittels Elektronenentladungsbearbeitung oder durch Laser zur Endmontage in dem Innengehäuse der vorstehend erwähnten Dampfturbine oder dem vorstehend erwähnten Gasexpander geschnitten wird.

7. Statorzwischenwand **(10)** für eine Gasturbine oder einen Gasexpander mit inneren und äußeren Ringen **(12, 13)**, die getrennt bearbeitet werden, um radiale Hohlräume **(15, 15')** mit einem Profil von Schaufeln **(11)** zu erhalten, die sich zwischen den inneren und äußeren Ringen erstrecken, und gekennzeichnet durch eine Menge an Hartlötmaterial **(14, 14')**, das in der Form einer Paste in die vorstehend erwähnten Hohlräume **(15, 15')** eingeführt wird, wobei die Ringe **(12, 13)** ein auf die Außen- und Innendurchmesser der Ringe aufgebrachtes Leinenklebeband haben, um zu bewirken, dass das pastenartige Hartlötmaterial **(14, 14')** bis an die Grenze der Eckkanten des dem Dampf- oder Gasströmungskanal gegenüberliegenden Schlitzes nach oben steigt und dass Wärme auf das Hartlötmaterial aufgebracht wird, um die Zwischenwand auszubilden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig.1

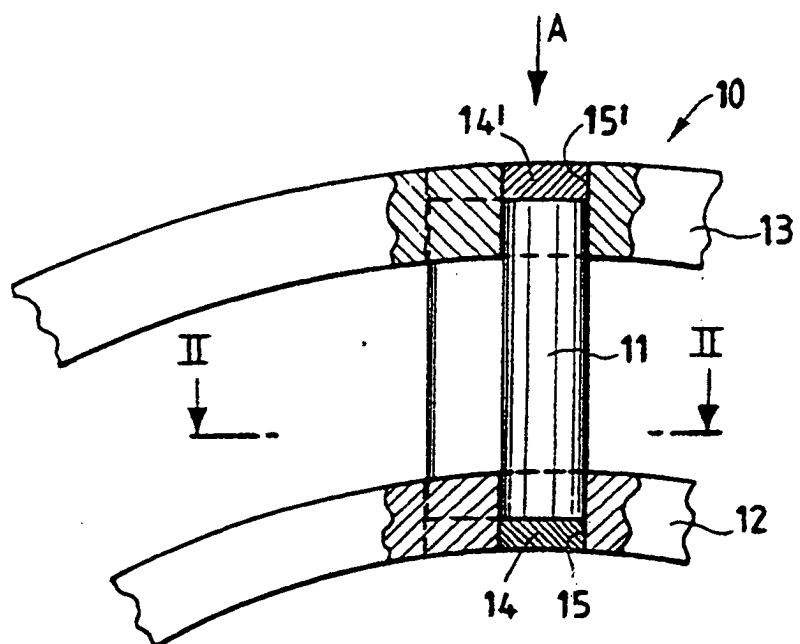


Fig.2

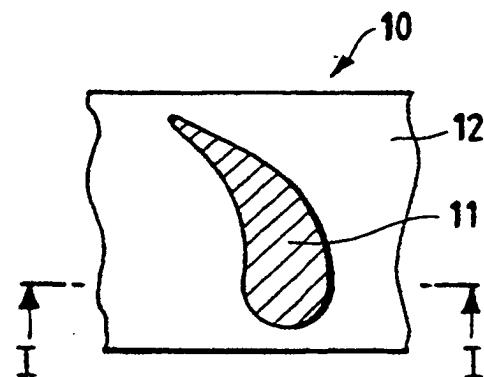


Fig.3

