

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 193 006 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
03.04.2002 Patentblatt 2002/14

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: B22C 9/04, B22D 27/04

(21) Anmeldenummer: 01115998.5

(22) Anmeldetag: 30.06.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 07.08.2000 DE 10038453

(71) Anmelder: Alstom (Switzerland) Ltd  
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:

• Anderson, Gordon  
5400 Baden (CH)

• Marx, Peter

5400 Baden (CH)

• Naik, Shailendra, Dr.

5412 Gebenstorf (CH)

(74) Vertreter: Pöpper, Emanuela, Dr. et al

ALSTOM (Schweiz) AG

Intellectual Property CHSP

Haselstrasse 16/699, 5. Stock

5401 Baden (CH)

### (54) Verfahren zur Herstellung eines gekühlten Feingussteils

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines gekühlten Gussteils (1) einer thermischen Turbomaschine mit einem bekannten Gussverfahren. Zwischen einem Wachsmodell (10) des Gussteils (1) und einem keramischen Kern (6) wird oberhalb einer Stufe (7) von Hand eine Wachsdichtung

(8) lediglich auf einem zusätzlichen Absatz (9) angebracht. Das Material, welches während des Giessverfahrens durch den Absatz (9) und die Wachsdichtung (8) an dieser Stelle entsteht, kann geschliffen werden, ohne dass sich Unebenheiten an der Stufe (7) bilden. Das Schweißen oder Löten einer Kühlplatte auf die Stufe (7) wird dadurch vereinfacht.

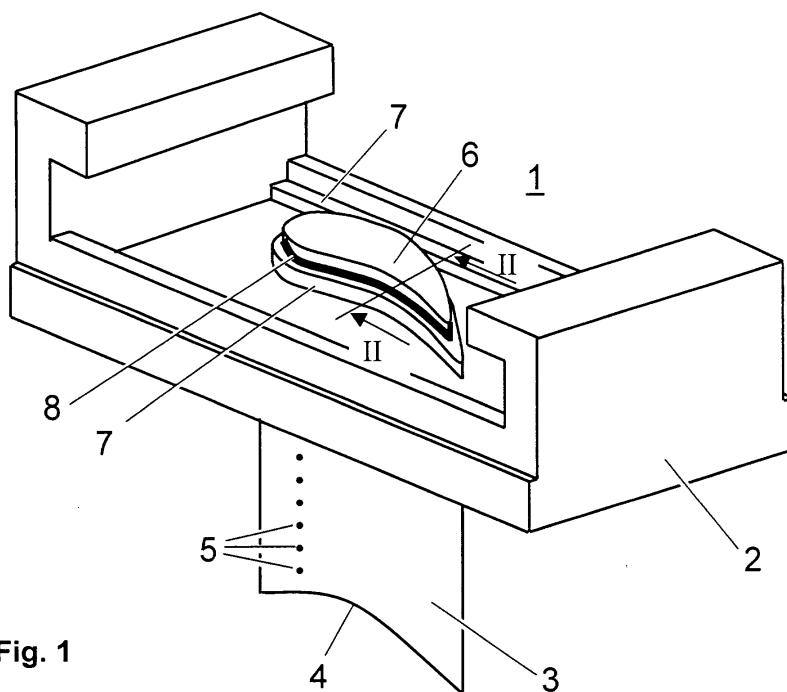


Fig. 1

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines gekühlten Feingessteils einer thermischen Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Gussteile thermischer Turbomaschinen werden durch bekannte Gussverfahren hergestellt. Gussöfen für solche Gussverfahren sind beispielsweise aus den Schriften EP-A1-749 790, US-3,763,926 oder US-3,690,367 bekannt. Die Gussformen werden im allgemeinen durch ein Wachsmodell bereitgestellt. Ein Verfahren zur Herstellung eines komplexen Teils einer Gasturbine mittels einer Giessform ist beispielsweise aus der Schrift US-5,296,308 bekannt.

**[0003]** Je nach Ausführungsform wird ein Kern in das Wachsmodell eingefügt. Dieser Kern enthält die Struktur des Hohlraums, welcher im Inneren des Gussteils eine bestimmte Kühlstruktur bildet. Bei diesen Gussteilen muss zwischen dem Wachsmodell und dem Kern eine Wachsdichtung angebracht werden, um ein Eindringen des Schlickers, welcher getrocknet die Gussform bildet, in den Zwischenraum zu verhindern. Die Wachsdichtung wird von Hand auf eine Stufe, welche sich neben dem Kern befindet, aufgetragen. Letzten Endes hat die Stufe den Sinn, eine Kühlplatte aufzunehmen. Die Kühlplatte wird auf die Stufe gelötet oder geschweisst und dient mittels Kühllöchern zur Prallkühlung der sich darunter befindenden Plattform. Zur Vermeidung von Leckagen an der Kühlplatte sollte die Oberfläche der Stufe eben sein. Dies steht aber im Gegensatz zur angebrachten Wachsdichtung, welche nach dem Giessen eine Materialansammlung oberhalb der Stufe ergibt. Um dem Ziel einer ebenen Oberfläche der Stufe näher zukommen, ist eine zusätzlicher Verfahrensschritt wie zum Beispiel Schleifen oder Erodieren notwendig.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung eines thermisch belasteten und gekühlten Gussteils einer thermischen Turbomaschine mittels eines bekannten Gussverfahrens zu schaffen, wobei die Gussform des Gussteils mit einem Wachsmodell und einem keramischen Kern hergestellt wird, und die nachfolgenden Fertigungsschritte vereinfacht und optimiert werden.

**[0005]** Erfindungsgemäss wird die Aufgabe durch ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass vor Herstellen der Gussform des Gussteils zwischen dem Wachsmodell und dem Kern die Wachsdichtung lediglich auf einem Absatz aufgetra-

gen wird, welcher sich oberhalb der Stufe zur Seite des Kerns hin befindet.

**[0006]** Vorteilhaft kann somit schon während des Giessverfahrens verhindert werden, dass auf der Stufe Unebenheiten entstehen, welche eine Leckage für die Kühlplatte an der Kühlplatte bedeuten. Das Material, welches durch die Wachsdichtung und den Absatz während des Gussverfahrens entsteht, kann durch einen vereinheitlichten Verfahrensschritt abgeschliffen oder auf andere, geeignete Art und Weise abgetragen werden, ohne dass sich Unebenheiten auf der Stufe bilden. Auf dieser Stufe kann eine Kühlplatte ohne weitere Verfahrensschritte angelötet werden.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0007]** Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen dargestellt, wobei

**Fig. 1** ein Modell einer Turbinenschaufel zeigt,  
**Fig. 2** einen Schnitt durch eine erfindungsgemässen Turbinenschaufel gemäss der Linie II - II in der Figur 1 zeigt und  
**Fig. 3** einen Schnitt durch eine erfindungsgemässen Turbinenschaufel gemäss der Linie II - II in der Figur 1 nach erfolgreichem Gussverfahren zeigt.

**[0008]** Es werden nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente sind in unterschiedlichen Zeichnungen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

### WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0009]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines thermisch belasteten und gekühlten Feingessteils einer thermischen Turbomaschine. Dabei kann es sich im einzelnen beispielsweise um eine Leit- oder Laufschaufel oder um andere gekühlte Rotor- oder Statorsegmente einer Gasturbine oder eines Kompressors handeln. Diese Gussteile und das erfindungsgemässen Verfahren zu ihrer Herstellung werden im folgenden anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert.

**[0010]** Die Gussteile werden mit allgemein aus dem Stand der Technik bekannten Gussöfen hergestellt. Mit einem solchen Gussofen können komplexe ausgebildete und hohen thermischen und mechanischen Belastungen aussetzbare Bauteile hergestellt werden. Je nach Verfahrensbedingungen ist es möglich, den Giesskörper gerichtet erstarrt herzustellen. Dabei besteht die Möglichkeit, ihn als Einkristall ("single crystal", SX) oder polykristallin als Stengelkristalle, welche eine Vorzugsrichtung aufweisen, ("directionally solidified", DS) auszubilden. Von besonderer Bedeutung ist es, dass die gerichtete Erstarrung unter Bedingungen stattfindet, bei denen zwischen einem gekühlten Teil einer geschmolzen-

nes Ausgangsmaterial aufnehmenden Gussform und dem noch geschmolzenen Ausgangsmaterial ein starker Wärmeaustausch stattfindet. Es kann sich dann eine Zone gerichtet erstarrten Materials mit einer Erstarrungsfront ausbilden, welche bei dauerndem Entzug von Wärme unter Bildung des direkt erstarrten Giesskörpers durch die Gussform wandert.

**[0011]** Aus der Schrift EP-A1-749 790 ist beispielsweise ein solches Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers bekannt. Die Vorrichtung besteht aus einer Vakuumkammer, welche eine obere Heizkammer und eine untere Kühlkammer enthält. Beide Kammern sind durch ein Baffle getrennt. Die Vakuumkammer nimmt eine Gussform auf, welche mit einer Schmelze gefüllt wird. Für die Herstellung von thermisch und mechanisch belastbaren Teilen, wie im Falle von Leit- und Laufschaufeln von Gasturbinen, wird beispielsweise eine Superlegierung auf der Basis von Nickel verwendet. In der Mitte des Baffles ist eine Öffnung vorhanden, durch welche die Gussform während des Verfahrens langsam von der Heizkammer in die Kühlkammer bewegt wird, so dass das Gussstück von unten nach oben gerichtet erstarrt. Die Abwärtsbewegung geschieht durch eine Antriebsstange, auf welcher die Gussform gelagert ist. Der Boden der Gussform ist wassergekühlt ausgeführt. Unterhalb des Baffles sind Mittel zum Erzeugen und Führen einer Gasströmung vorhanden. Diese Mittel sorgen durch die Gasströmung neben der unteren Kühlkammer für eine zusätzliche Kühlung und dadurch für einen grösseren Temperaturgradienten an der Erstarrungsfront.

**[0012]** Ein ähnliches Verfahren, welches neben Heiz- und Kühlkammer mit einer zusätzlichen Gaskühlung arbeitet, ist beispielsweise auch aus der Patentschrift US 3,690,367 bekannt.

**[0013]** Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers ist aus der Druckschrift US 3,763,926 bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine mit einer aufgeschmolzenen Legierung gefüllte Gussform kontinuierlich in ein auf ca. 260° C aufgeheiztes Bad getautcht. Hierdurch wird eine besonders rasche Abfuhr von Wärme aus der Gussform erreicht. Dieses und andere, ähnliche Verfahren sind unter dem Begriff LMC (liquid metal cooling) bekannt.

**[0014]** Es ist für die Erfindung vorteilhaft, diese Art von Gussöfen zur Herstellung von einkristallinen oder gerichtet erstarrten Gussteilen zu benutzen, sie ist jedoch nicht darauf beschränkt. Im Prinzip kann die Erstarrung auch ungerichtet erfolgen.

**[0015]** Die Figur 1 zeigt ein Wachsmodell 10 eines Gussteils 1 beispielsweise einer zu giessenden Turbinenschaufel. Die Turbinenschaufel weist eine Plattform 2, ein Schaufelblatt 3 und eine Schaufel spitze 2 auf. Dieses Wachsmodell 10 wird dann in ein flüssiges, keramisches Material, welches auch Schlicker genannt wird, eingetaucht. Dabei bildet sich um das Wachsmodell 10 die spätere Gussform des Gussteils 1. Anschliessend

wird das keramische Material getrocknet, so dass die Gussform, mit welcher das Gussteil 1 hergestellt wird, entsteht. Nach dem Trocknungsvorgang des Schlickers wird das Wachs durch eine geeignete Wärmebehandlung entfernt, d.h. ausgebrannt. Bei diesem Verfahrensschritt wird auch die Gussform gebrannt, d.h. sie enthält auf diese Weise ihre Festigkeit. Das Gussteil 1 wird mit der so entstandenen Gussform durch einen bekannten, weiter oben näher beschriebenen Gussofen auf bekannte Weise hergestellt. Später wird die keramische Gussform und der Kern auf geeignete Weise entfernt, so zum Beispiel durch Anwendung einer Säure oder einer Lauge.

**[0016]** Die Turbinenschaufel der Figur 1 besitzt einen Hohlraum, in den während des Betriebs der Turbomaschine Kühlluft eingeleitet wird. Diese Kühlluft kann die fertige Turbinenschaufel wieder durch Kühllöcher 5 verlassen. Wie aus der Figur 1 sichtbar, befindet sich im späteren Hohlraum des Wachsmodells 10 während des Herstellungsvorgangs der Giessform ein keramischer Kern 6, welcher die innere Geometrie des Hohlraums wiedergibt. Bei der dargestellten Turbinenschaufel wird die Plattform 2 zusätzlich durch eine Prallkühlung gekühlt. Dabei wird bei der gegossenen Komponente auf eine Stufe 7, welche sich neben dem keramischen Kern 6 und am Rand der Plattform 2 befindet, eine Kühlplatte 11, in welcher sich Kühllöcher 12 befinden, angelötet oder angeschweisst. Diese Kühlplatte 11 wird in der Figur 3 näher beschrieben.

**[0017]** Zwischen dem keramischen Kern 6 und dem Absatz 9 wird vor der Herstellung der Giessform von Hand eine Wachsdichtung 8 angebracht. Diese Wachsdichtung 8 hat das Ziel das ungewollte Eindringen von Schlicker in den Innenraum des keramischen Kerns 6 zu verhindern.

**[0018]** Die Figur 2 zeigt einen Schnitt gemäss der Linie II - II der Figur 1 durch die Stufe 7, die Wachsdichtung 8 und durch den keramischen Kern 6. Erfindungsgemäss wird die Wachsdichtung 8 lediglich auf einen Absatz 9 angebracht, welcher sich oberhalb der Stufe 7 zum keramischen Kern 6 hin befindet. Aus dieser Vorgehensweise ergeben sich verschiedene Vorteile. Während des Giessvorgangs entsteht durch die Stufe 7 und die Wachsdichtung 8 zusätzliches, ebenfalls gegossenes Material an der Turbinenschaufel. Dieses hat, wie in der Figur 3 ersichtlich, eine bestimmte Höhe s, und kann unabhängig von der Stufe 7 bzw. unabhängig von der Oberfläche der Stufe 7 bearbeitet, d.h. abgeschliffen, werden. Dieser vereinheitlichte Verfahrensschritt kann auch durch Erosion geschehen. Die Stufe 7, an der die Kühlplatte 11 angelötet wird, bleibt trotz dieses zusätzlichen Bearbeitungsvorgangs unberührt, was in jedem Fall eine glatte Oberfläche der Stufe 7 gewährleistet. Die Kühlplatte 13 dringt durch die Kühllöcher 12 und kann die Plattform 2 somit durch Prallkühlung kühlen. Die glatte Oberfläche der Stufe 7 ist deshalb so wichtig, da schon geringe Unebenheiten die Kühlleistung dieser Prallkühlung durch Leckageverluste ver-

mindern. Ein weitere Vorteil besteht darin, dass durch den vorhandenen Absatz 9 das flüssige Lot, welches sich auf der ganzen Stufe 7 verteilt, gehindert wird, in den Hohlraum des Gussteils 1 zu fliessen. Da sich bei dem Betrieb des Gussteils 1 im Hohlraum ebenfalls ein Einsatz befindet, ist es wichtig, dass keinerlei Lot an diesem Einsatz klebt und somit die ordnungsgemäße Funktionsweise beeinträchtigt.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

##### [0019]

1	Gussteil, beispielsweise Turbinenschaufel
2	Plattform
3	Schaufelblatt
4	Spitze der Turbinenschaufel
5	Kühllöcher
6	Keramischer Kern
7	Stufe
8	Wachsdichtung
9	Absatz
10	Wachsmodell der Turbinenschaufel
11	Platte
12	Kühlloch in Platte 11
13	Kühlluft

s Höhe des Absatzes 9

(7) durch diesen Verfahrensschritt unberührt bleibt.

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 5 die Kühlplatte (11), in welcher sich Kühllöcher (12) befinden, auf die Oberfläche der Stufe (7) gelötet oder geschweisst wird.

- 10 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 ein Gussverfahren zur Herstellung von einkristallinen, gerichtet oder ungerichtet erstarrten Gussteilen verwendet wird.  
 15 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 es sich um Verfahren zur Herstellung einer Leit- oder einer Laufschaufel einer Gasturbine oder eines Verdichters mit einer Prallkühlung der Plattform (2) handelt.

20 25

30

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines gekühlten Gussteils (1) einer thermischen Turbomaschine mit einem bekannten Gussverfahren, wobei das gekühlte Gussteil (1) mittels einer Gussform hergestellt wird, wobei diese Gussform mittels eines Wachsmodells (10) und mittels eines sich im Wachsmodell (10) befindlichen Kerns (6) hergestellt wird, wobei sich unmittelbar neben dem Kern (6) eine Stufe (7) zur Befestigung einer Kühlplatte (11) an dem fertigen Gussteil (1) befindet und wobei vor Herstellung der Gussform von Hand eine Wachsdichtung (8) zwischen dem Kern (6) und dem Wachsmodell (10) angebracht wird,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 vor Herstellung der Gussform des Gussteils (1) zwischen dem Wachsmodell (10) und dem Kern (6) die Wachsdichtung (8) lediglich auf einem Absatz (9) aufgetragen wird, welcher sich oberhalb der Stufe (7) zur Seite des Kerns (6) hin befindet.  
 35  
 40  
 45  
 50
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 nach dem Gussverfahren das Material an dem Gussteil (1), welches sich an der Stelle des Absatzes (9) und der Wachsdichtung (8) befindet, teilweise abgeschliffen oder erodiert wird, wobei die Stufe  
 55

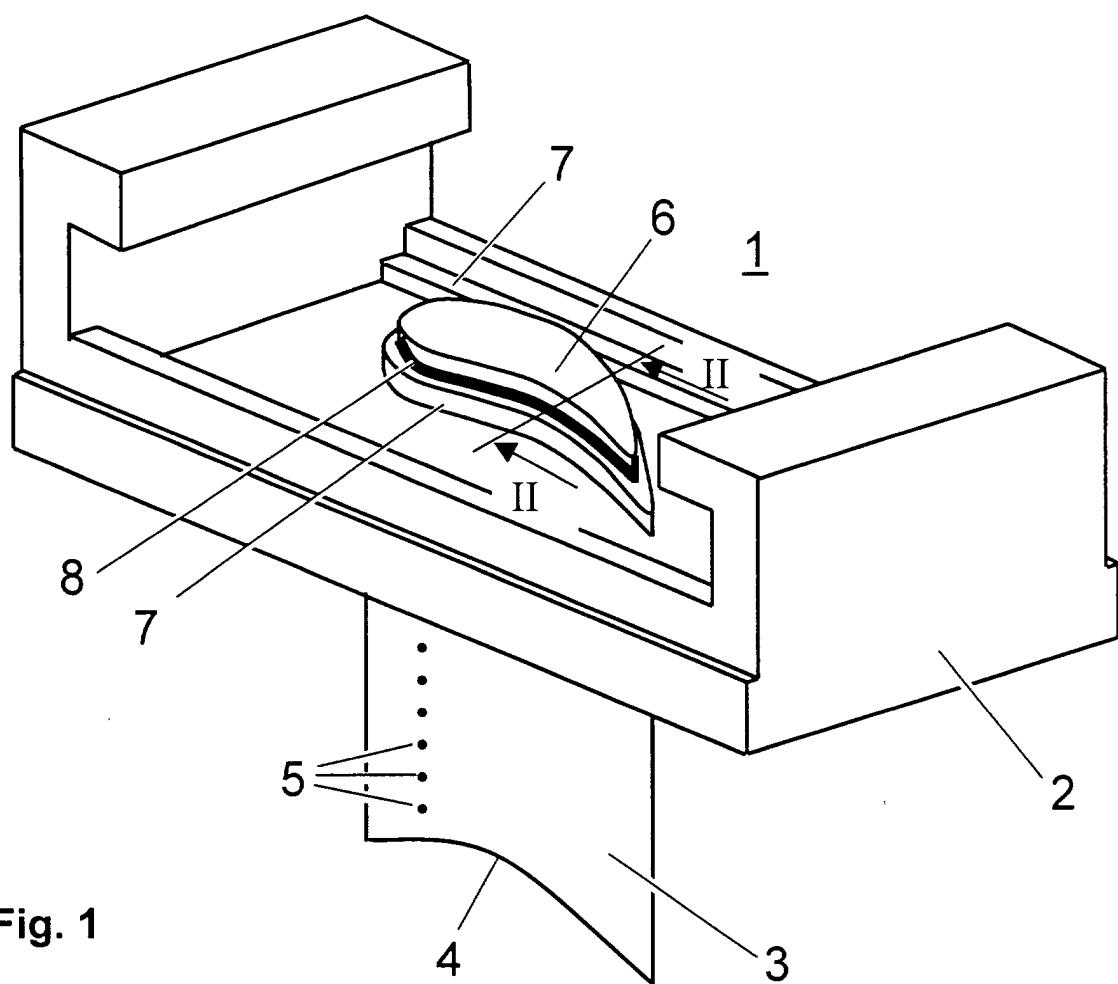


Fig. 1

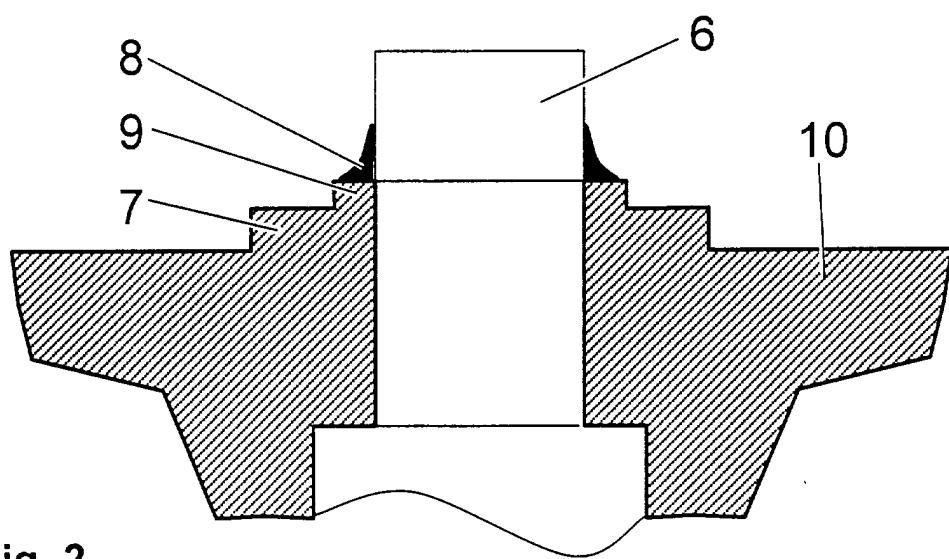


Fig. 2

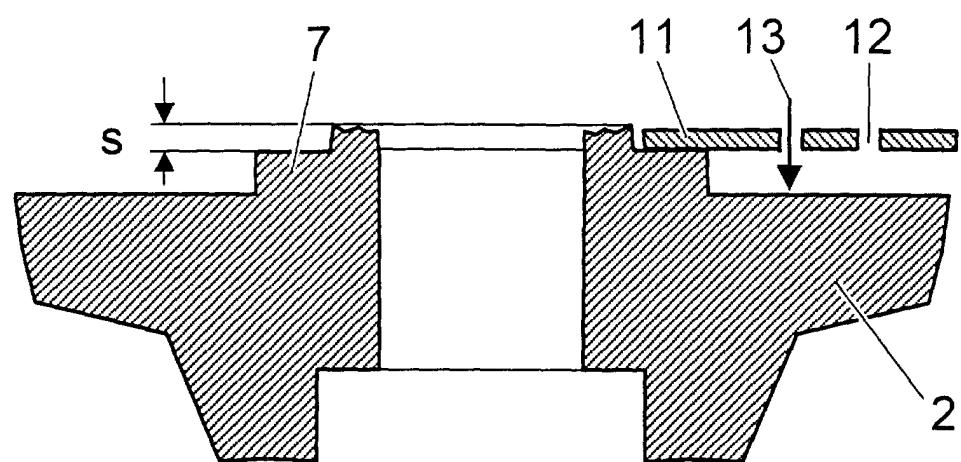


Fig. 3