

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 698 759 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.09.2006 Patentblatt 2006/36**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/30 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06110072.3**

(22) Anmeldetag: **17.02.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

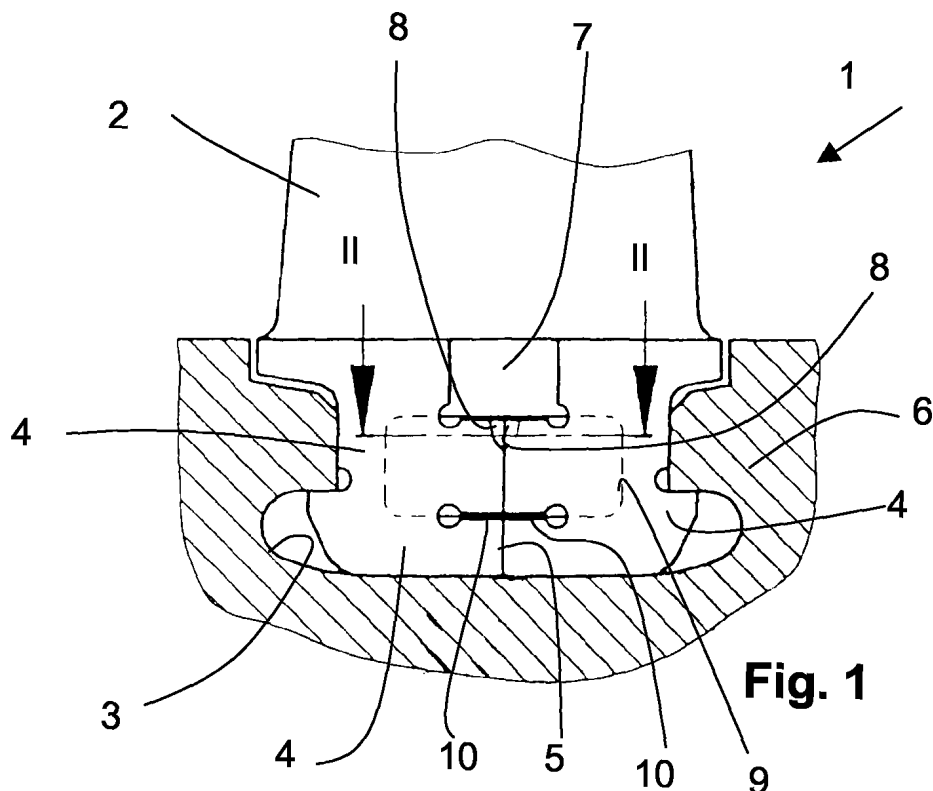
(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**  
**5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Bachofner, René**  
**5417, Untersiggenthal (CH)**  
• **Grigioni, Pietro**  
**5420, Ehrendingen (CH)**  
• **Kappis, Wolfgang**  
**5442, Fislisbach (CH)**

(30) Priorität: **23.02.2005 CH 3232005**

### (54) Rotor-Schluss

(57) Ein Rotor-Schluss (1) für einen Rotor (6) einer thermischen Turbomaschine mit zumindest einer Umfangsnut (3), in der Laufschaufeln und Zwischenstücke vorgesehen sind, ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einer Endschaufel (2) und einem Endstück (11) ein Restspalt (15) gebildet ist, in dem zwei Schlusshälften (4, 4) angeordnet sind, die jeweils einstückig mit diesen verbundene Sicherungslappen aufweisen (8, 8), welche mit der Endschaufel (2) bzw. mit dem Endstück (11) im Eingriff stehen. Hierdurch werden die Nachteile des Standes der Technik vermieden und ein Rotor-Schluss zur Verfügung gestellt, welcher einfach und kostengünstig bei Montage und Herstellung ist. Ferner wird ein Montageverfahren angegeben.



EP 1 698 759 A2

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

5 [0001] Die Erfindung betrifft das Gebiet der thermischen Turbomaschinen, insbesondere betrifft sie einen Rotor-Schluss für Rotoren gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Ferner wird ein Montageverfahren für einen erfindungsgemässen Rotor-Schluss angegeben.

### Stand der Technik

10 [0002] Thermische Turbomaschinen mit Axialturbinen und Axialverdichtern, weisen einen mit Laufschaufeln bestückten Rotor und einen Stator auf, in den Leitschaufeln zur Strömungsführung eingehängt sind.

[0003] Die stationären Leitschaufeln haben die Aufgabe, den Strom des zu verdichtenden bzw. des zu entspannenden gasförmigen Mediums so auf die rotierende Laufbeschaufelung der jeweiligen Verdichterstufe bzw. der jeweiligen Turbinenstufe zu lenken, dass die Energieumwandlung mit bestmöglichem Wirkungsgrad erfolgt.

15 [0004] Sowohl Laufschaufeln als auch Leitschaufeln weisen im wesentlichen ein profiliertes Schaufelblatt und einen Schaufelfuss auf. Um die Laufschaufeln auf dem Rotor bzw. die Leitschaufeln im Stator befestigen zu können, sind im Stator und auf der Rotorwelle Nuten eingestochen. In diese Nuten werden die Füsse der Schaufeln eingeschoben und dort arretiert.

20 [0005] Es ist bekannt, dass Verdichterschaukelreihen von Gasturbinenrotoren in Umfangsnuten angeordnet sind, die häufig einen T-förmigen Querschnitt aufweisen. In der Regel wechseln sich hier Schaufeln und Zwischenstücke ab. Bei der Montage solcher Schaufelreihen muss für die letzten zu montierenden Schaufeln eine spezielle Lösung gefunden werden, da dann die verbleibende Einfüllöffnung für ein vollständiges Zwischenstück zu klein ist. Diese Restöffnung wird daher mit einem sogenannten Rotor-Schluss aufgefüllt.

25 [0006] Aus der DE 812 337 ist ein derartiger Rotor-Schluss bekannt. Der bekannte Rotorschluss besteht aus einem halbierten Zwischenstück, das heisst aus zwei in Bezug auf den Rotor in Umfangsrichtung geteilten Schlusshälften, und einem Keil, mit Hilfe dessen die Schlusshälften im Rotor axial verstemmt werden.

[0007] Die beiden Schlusshälften weisen bei dem bekannten Stand der Technik gemäss der DE 812 337 jeweils eine gerade ausgebildete Seitenfläche auf. Die genannten Seitenflächen stehen sich im eingebauten Zustand gegenüber, wobei sich dann zwischen ihnen der Keil befindet. Nachdem die beiden Schlusshälften und der Keil eingebaut sind, werden abschliessend an der Oberseite des Keils ausgebildete Lappen in entsprechende Hinterschneidungen in den Seitenflächen der Schlusshälften gebogen und der Keil und damit das gesamte Schlusstück gesichert.

30 [0008] Nachteilig an diesem Stand der Technik ist, dass bei hohen Rotordrehzahlen Festigkeitsprobleme auf Grund des Kippmomentes der beiden Schlusshälften auftreten können, welches durch die Fliehkraft während des Betriebes bewirkt wird.

35 [0009] Ein weiterer Nachteil dieser technischen Lösungen besteht darin, dass die Schlusstücke einerseits durch die Fliehkraft während des Betriebes und andererseits durch das Verstemmen des Keiles Axialkräfte auf den Rotor ausüben. Bei der Suche nach den Ursachen für die häufig auftretenden Rotorvibrationen hat man festgestellt, dass diese Axialkräfte den Rotor verbiegen und dadurch nachteilig störende Schwingungen erzeugen können.

40 [0010] Zwar beschreiben die EP 1 215 367 A2 und die DE 103 10 432 A1 Lösungsvorschläge, bei denen die Kräfte in die benachbarten Schaufeln, d.h. in Umfangsrichtung eingeleitet werden. Die hier vorgestellten Lösungen sind jedoch aufwändig und kostspielig in Montage und Herstellung.

### Darstellung der Erfindung

45 [0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die vorgenannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Der Erfindung liegt das technische Problem zu Grunde, einen Rotor-Schluss zur Verfügung zu stellen, welcher möglichst einfach und kostengünstig bei Montage und Herstellung ist.

[0012] Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch einen Rotor-Schluss für Rotoren thermischer Turbomaschinen mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Ein erfindungsgemässes Montageverfahren wird in Anspruch 7 beschrieben. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0013] Hierdurch werden die Nachteile des Standes der Technik vermieden und ein Rotor-Schluss zur Verfügung gestellt, welcher einfach und kostengünstig bei Montage und Herstellung ist.

55 [0014] Erfindungsgemäss ist ein Rotor-Schluss für einen Rotor einer thermischen Turbomaschine mit zumindest einer Umfangsnut, in der Laufschaufeln, insbesondere mit Hammerfuss, und Zwischenstücke vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einer Endschaufel und einem Endstück ein Restspalt gebildet ist, in dem zwei Schlusshälften angeordnet sind, die jeweils einstückig mit diesen verbundene Sicherungslappen aufweisen, welche mit der

Endschaufel bzw. mit dem Endstück im Eingriff stehen. Bei der erfindungsgemässen Lösung ist kein Keil vorhanden, d.h. es werden keine Kräfte in axialer Richtung auf den Rotor aufgebracht. Dies ist aufgrund des bauartbedingten geringen Restspalts möglich. Durch die lediglich zwei Bauteile ist die Montage sehr einfach und kostengünstig. Dabei ist der vorgeschlagene Rotor-Schluss sicher und verursacht keine Rotorschwingungen.

**[0015]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Lappen an der Trennebene der Schlusshälften angeordnet sind. Dies erleichtert die Montage und Demontage der Schlusshälften.

**[0016]** Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Endschaufel und das Endstück im Fussbereich an der dem Restspalt zugewandten Seite jeweils eine Aussparung aufweisen, in die die Lappen der Schlusshälften einführbar sind. Durch die Aussparung unterscheiden sich die Endschaufel und das Endstück von den übrigen Laufschaufeln und Zwischenstücken. Die Aussparung kann beispielsweise zylindersegmentförmig gestaltet sein und mittels Schleifwerkzeug abgetragen sein.

**[0017]** Noch eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Schlusshälften eine Materialstärke von 3 mm bis 5 mm aufweisen. Hierdurch ist das manuelle Verbiegen der Lappen mit einfachem Montagewerkzeug möglich.

**[0018]** Ausserdem hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass die Schlusshälften aus einer Chrom-Molybdän-Vanadium Legierung hergestellt sind. Hierdurch wird die gewünschte Festigkeit des Rotor-Schlusses gewährleistet.

**[0019]** Schliesslich sieht noch eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass die Schlusshälften unterhalb der Lappen Entlastungsschlitze aufweisen. Dies trägt ebenfalls zu der einfachen manuellen Biegebarkeit der Lappen und damit zur leichten Montage des Rotorschlusses bei. Ausserdem wird hierdurch verhindert, dass sich die Schlusshälften beim Biegen der Lappen verwinden.

**[0020]** Ein erfindungsgemässes Verfahren zur Montage eines Rotorschlusses in einer Umfangsnut, der zwei Schlusshälften aufweist, weist folgende Schritte auf: Einsetzen der beiden Schlusshälften in den Restspalt, zusammen mit Abstützungen, so dass die Schlusshälften gegeneinander versetzt sind; Einführen eines Werkzeugs in die Trennebene zwischen den beiden Schlusshälften; Hineinbiegen der Lappen in die Aussparungen der Endschaufel und des Endstücks; Entfernen der Abstützungen.

**[0021]** Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemässen Verfahrens zur Montage eines Rotorschlusses weist ferner folgende Schritte auf: Verdrehen des Werkzeugs um 90°, damit die Lappen weit genug in die Aussparung hineinstehen.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0022]** Weitere Vorteile der Erfindung werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt in Rotorlängsrichtung durch einen erfindungsgemässen Rotor-Schluss nach Einbau in einen Verdichterrotor;

Fig. 2 einen teilweisen Schnitt entlang der Linie II - II aus Figur 1;

Fig. 3 eine vergrößerte Detailansicht der beiden Schlusshälften;

Fig. 4 eine Draufsicht auf die Schlusshälften aus Figur 3;

Fig. 5 einen teilweisen Schnitt, der demjenigen aus Fig. 2 entspricht, jedoch mit bei der Montage eingebrachten Abstützungen.

**[0023]** Die Darstellung in den beigegeführten Figuren erfolgt beispielhaft schematisch. In den Figuren sind jeweils gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Ferner sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt.

## Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0024]** Figur 1 zeigt einen Schnitt in Rotorlängsrichtung durch einen erfindungsgemässen Rotor-Schluss 1 nach Einbau in einen Verdichterrotor 6. Figur 2 zeigt einen teilweisen Schnitt entlang der Linie II - II aus Figur 1.

**[0025]** Der zwischen einer Endschaufel 2 und einem Endstück 11 vorhandene Restspalt 15 wird durch zwei Schlusshälften 4, 4 ausgefüllt. Die flachen Schlusshälften 4, 4 weisen dabei im wesentlichen einen Querschnitt auf, der einem so genannten Hammerfuss oder Zwei-Zack-Fuss entspricht, wobei oberhalb der Trennebene 5 eine rechteckförmige Fläche ausgenommen ist. An den oberen, an die rechteckförmige Ausnehmung angrenzenden Ecken der Schlusshälften 4, 4 sind biegbare Lappen 8, 8 angeordnet. Unterhalb der Lappen 8, 8 weisen die Schlusshälften 4, 4 Entlastungsschlitze

10, 10 auf.

**[0026]** Die Endschaufel 2 und das Endstück 11 weisen im Fussbereich an der dem Restspalt 15 zugewandten Seite jeweils eine Aussparung 9, 12 auf, in die die Lappen 8, 8 der Schlusshälften 4, 4 durch Biegen einführbar sind. Durch die in die Aussparungen 9, 12 eingebogenen Lappen 8, 8 ist der Rotorschluss 1 arretiert und gegen Herausfallen gesichert.

**[0027]** Figur 3 zeigt eine vergrösserte Detailansicht der beiden Schlusshälften 4, 4. Dabei stehen sich die Schlusshälften 4, 4 mit ihrer Trennebene 5 gegenüber. Oberhalb der Trennebene 5 ist eine rechteckförmige Fläche ausgeschnitten, die den Zugang zu den beiden an der Oberkante der Trennebene 5 angeordneten Lappen mit einem Werkzeug ermöglicht. Unterhalb der Lappen 8, 8 sind horizontale Entlastungsschlitze 10 vorgesehen, die jeweils in der Trennebene 5 beginnen und in einer Bohrung enden. Die Aussenkontur der Schlusshälften 4, 4 ist so gestaltet, dass sie in eine T-förmige Umfangsnut 3 eines Rotors 6 eingeführt werden können und darin Halt finden.

**[0028]** Wie aus Figur 4 hervorgeht, die eine Draufsicht auf die Schlusshälften 4, 4 aus Figur 3 zeigt, weisen die Schlusshälften nur eine geringe Dicke von 3 mm bis 5 mm auf. Hierdurch ist es möglich, dass die Lappen 8, 8 noch manuell umgebogen werden können.

**[0029]** Figur 5 zeigt einen teilweisen Schnitt, der demjenigen aus Fig. 2 entspricht, jedoch mit bei der Montage eingebrachten Abstützungen.

**[0030]** Nachdem sämtliche Laufschaufeln und Zwischenstücke und die Endschaufel 2 und das Endstück 11 in der Umfangsnut 3 montiert sind, bleibt ein Restspalt 15 bestehen. In diesen Restspalt 15 kann nur noch der aus zwei in Umfangsrichtung der Nut 3 geteilten Schlusshälften 4, 4 bestehende Rotor-Schluss 1 mit Abstützungen 14, 14 aufgenommen werden. Die Abstützungen 14, 14 dienen dabei lediglich als Montagehilfe der beiden 3mm bis 5mm dicken Schlusshälften 4, 4, die aus einer Chrom-Molybdän-Vanadium Legierung hergestellt sind. Die Abstützungen 14, 14 sind dabei genauso dick wie die Schlusshälften 4, 4 bzw. geringfügig dünner.

**[0031]** Mit einem entsprechendem Montagewerkzeug 13, beispielsweise einem Schraubendreher oder einem flachen Meissel, das etwa 10 mm - 15 mm in die Trennebene 5 zwischen den die beiden Schlusshälften 4, 4 eingeschoben wird, werden die beiden Lappen 8, 8 aus der Schluss-Ebene herausgebogen.

**[0032]** Dabei wird das Werkzeug 13 vorzugsweise um 90° gedreht, damit die Lappen 8, 8 weit genug in die Aussparung am Schaufelfuss 9 bzw. in die Aussparung am Endstückfuss 12 hineinragen. Die jeweiligen Aussparungen 9, 12 sind dabei als zylindersegmentartige Vertiefungen in den Endschaufelfuss 7 und den Endstückfuss eingearbeitet, wodurch sich die Bauteile von den übrigen Laufschaufeln und Zwischenstücken unterscheiden. Anschliessend werden die lediglich für die Montage erforderlichen Abstützungen 14, 14 entfernt und der minimale Spalt gleichmässig über den Umfang verteilt. Die nun erreichte Endkonfiguration ist in Figuren 1 und 2 dargestellt und beschrieben.

**[0033]** Die Demontage erfolgt durch Wegbohren oder Wegschleifen der Lappen 8, 8 und Entnahme der Schlusshälften 4, 4.

## Bezugszeichenliste

**[0034]**

- |    |                            |
|----|----------------------------|
| 1  | Rotor-Schluss              |
| 2  | Endschaufel                |
| 3  | Umfangsnut                 |
| 4  | Schlusshälfte              |
| 5  | Trennebene                 |
| 6  | Rotor                      |
| 7  | Schaufelfuss               |
| 8  | Lappen                     |
| 9  | Aussparung am Schaufelfuss |
| 10 | Entlastungsschlitz         |
| 11 | Endstück                   |
| 12 | Aussparung am Endstückfuss |
| 13 | Werkzeug                   |
| 14 | Abstützung                 |
| 15 | Restspalt                  |

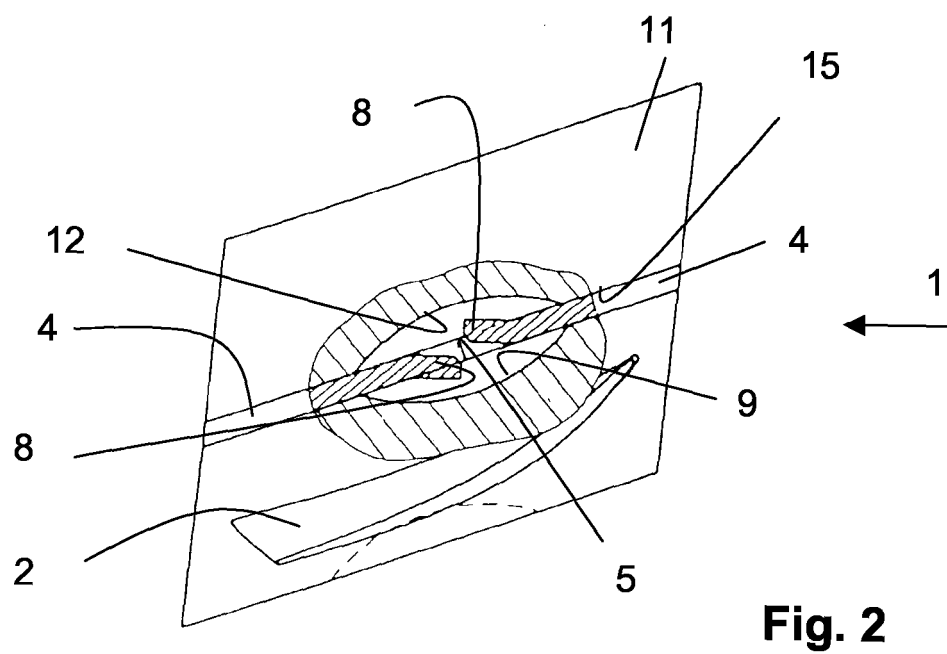
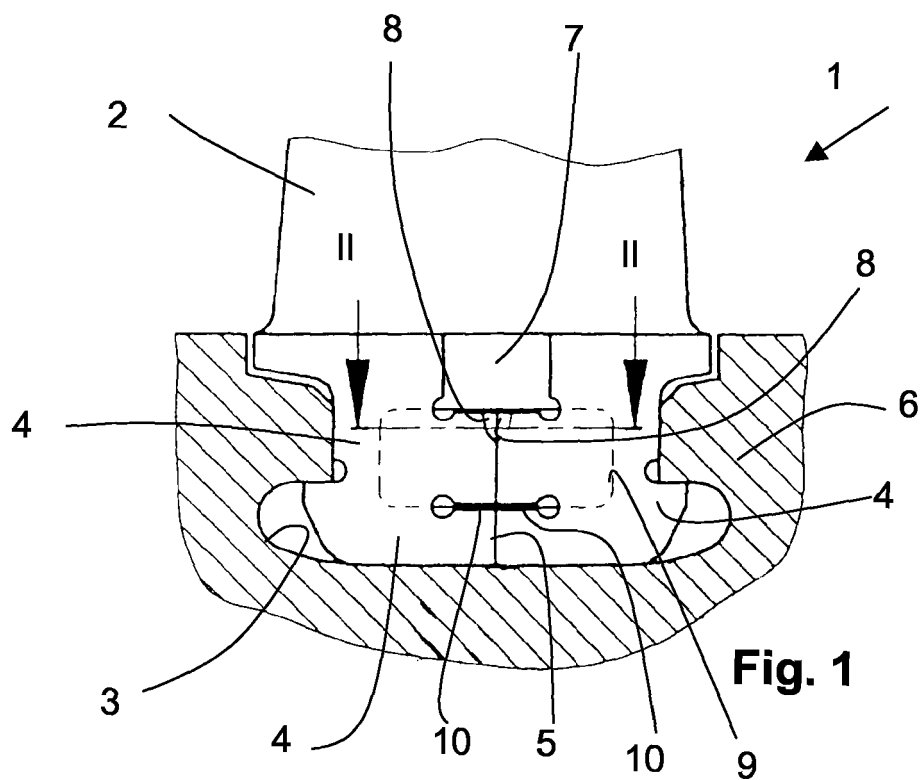
## Patentansprüche

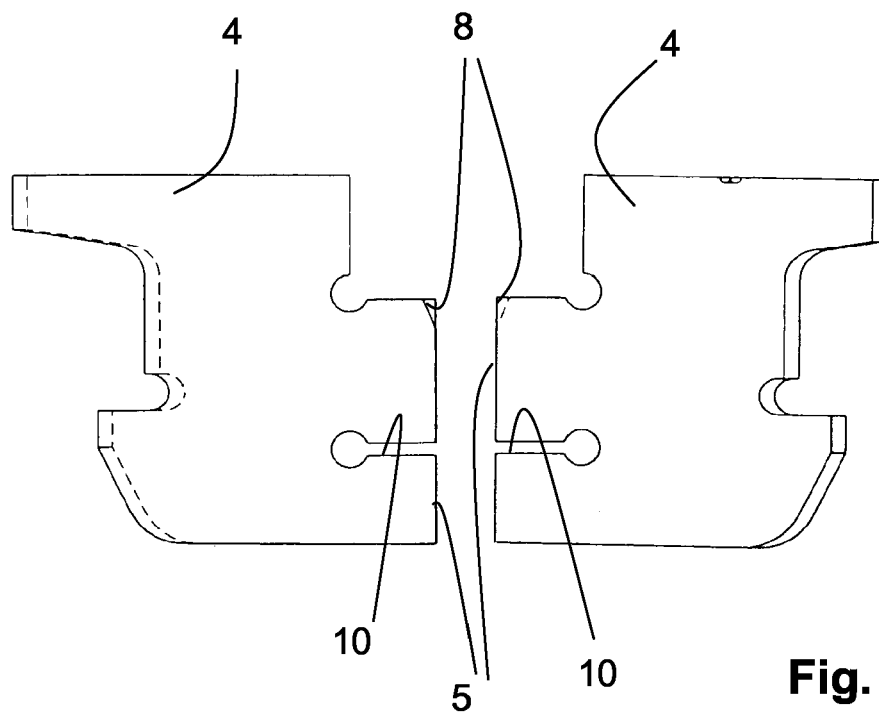
1. Rotor-Schluss (1) für einen Rotor (6) einer thermischen Turbomaschine mit zumindest einer Umfangsnut (3), in der Laufschaufeln und Zwischenstücke vorgesehen sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

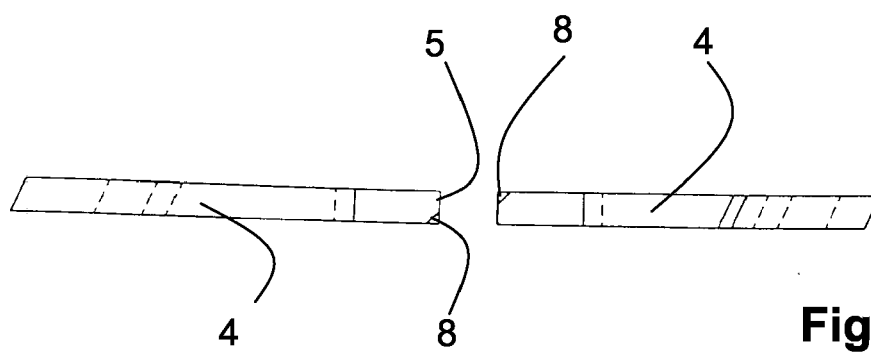
zwischen einer Endschaufel (2) und einem Endstück (11) ein Restspalt (15) gebildet ist, in dem zwei Schlusshälften (4, 4) mit jeweils einstückig daran angeordneten Sicherungslappen (8,8) montiert sind, welche mit der Endschaufel (2) bzw. mit dem Endstück (11) im Eingriff stehen.

- 5
2. Rotor-Schluss (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Lappen (8, 8) an der Trennebene (5) der Schlusshälften (4,4) angeordnet sind.
- 10
3. Rotor-Schluss (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Endschaufel (2) und das Endstück (11) im Fussbereich an der dem Restspalt (15) zugewandten Seite jeweils eine Aussparung (9,12) aufweisen, in die die Lappen (8,8) der Schlusshälften (4,4) einführbar sind.
- 15
4. Rotor-Schluss (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Schlusshälften (4,4) eine Materialstärke von 3 mm bis 5 mm aufweisen.
- 20
5. Rotor-Schluss (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Schlusshälften (4,4) aus einer Chrom-Molybdän-Vanadium Legierung hergestellt sind.
- 25
6. Rotor-Schluss (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Schlusshälften (4,4) unterhalb der Lappen (8,8) Entlastungsschlitze (10,10) aufweisen.
- 30
7. Verfahren zur Montage eines Rotor-Schluss in einer Umfangsnut, der zwei Schlusshälften aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
- Einsetzen der beiden Schlusshälften in den Restspalt, zusammen mit Abstützungen, so dass die Schlusshälften gegeneinander versetzt sind;
  - Einführen eines Werkzeugs in die Trennebene zwischen den beiden Schlusshälften;
  - Hineinbiegen der Lappen in die Aussparungen der Endschaufel und des Endstücks;
  - Entfernen der Abstützungen.
- 35
8. Verfahren zur Montage eines Rotor-Schluss nach Anspruch 7, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte aufweist:
- Verdrehen des Werkzeugs um 90°, damit die Lappen weit genug in die Aussparung hineinstehen.
- 40
- 45
- 50
- 55





**Fig. 3**



**Fig. 4**

