

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 823 541 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
11.02.1998 Patentblatt 1998/07

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F01D 25/32**(21) Anmeldenummer: **97810453.7**(22) Anmeldetag: **09.07.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

(72) Erfinder: **Endres, Wilhelm, Dr.**  
**83278 Traunstein (DE)**

(30) Priorität: **08.08.1996 DE 19632038**

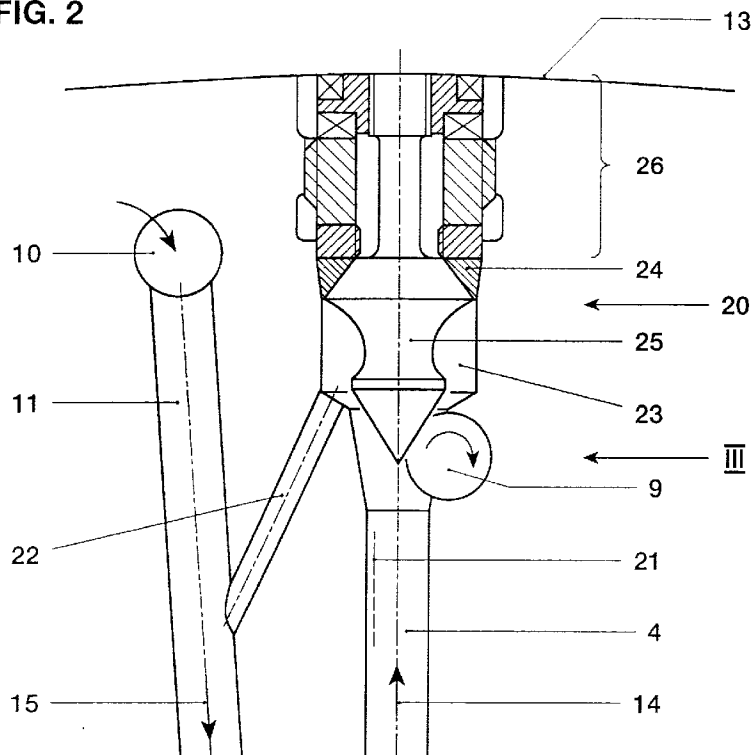
(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**  
**Asea Brown Boveri AG**  
**Immaterialgüterrecht (TEI)**  
**Haselstrasse 16/699 I**  
**5401 Baden (CH)**

(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**  
**5401 Baden (CH)**

**(54) Vorrichtung zur Abscheidung von Staubpartikeln**

(57) Zur Abscheidung von Staubpartikeln innerhalb eines Kühlsystems eines mit Laufschaufeln bestückten Rotor einer Strömungsmaschine wird stromauf der zu kühlenden Laufschaufeln und im Bereich der Rotor-Aussenfläche (13) eine Vorrichtung (20) angeordnet. Diese weist mindestens einen mit einem Kühlmittel (14) durchströmten Zuströmungskanal (4) auf, der in radialer

Richtung so gerichtet ist, dass die sich im Kühlmittel (14) befindlichen Staubpartikel (21) auf der in der Drehrichtung des Rotors beschleunigenden Seite ansammeln. Diese Staubpartikel (21) gelangen anschliessend in einen mit dem Zuströmungskanal 4 in Wirkverbindung stehenden Ausscheideraum (23), in welchem sie eingefangen, um dann abgeführt zu werden.

**FIG. 2****EP 0 823 541 A1**

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung  
gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

### Stand der Technik

Bei modernen Turbomaschinen nimmt die Kühlung von thermisch hochbelasteten Aggregaten einen immer grösser werdenden Stellenwert an. Insbesondere wird hier an die Kühlung der Schaufeln und des Rotors von Gasturbinen gedacht. Grundsätzlich gilt hier die Maxime, dass Verstopfungen der vorgesehenen Kühlkanäle durch Staub oder grössere Partikel auf alle Fälle vermieden werden muss. Kühlkanäle von Schaufeln weisen in der Regel kleine Durchflussquerschnitte auf, nicht selten in der Grössenordnung von 1 mm<sup>2</sup>, weshalb spezielle Massnahmen zur Vermeidung von Verstopfungen vonnöten sind. Bei Luftkühlung besteht eine solche Massnahme beispielsweise darin, dass die zur Kühlung eingesetzte Luft an der Innenkontur des Schaufelkanals des Verdichters entnommen wird, wo die Staubkonzentration niedrig ist. Ferner werden an den Enden der Laufschaufelkühlkanäle Staublöcher von 0.7-1 mm Durchmesser angebracht, welche eine Anhäufung von Staub oder grösseren Partikeln verhindern.

Falls aber Dampf oder andere Medien als Kühlmittel verwendet werden, müssen weitergehende Massnahmen getroffen werden, welche die im Kreislauf zirkulierenden Partikel von den Laufschaufeln fernzuhalten vermögen.

Dampfkreisläufe sind oft voller Partikel, insbesondere am Anfang des Betriebes. Aber auch später durch abspringenden Zunder sind diese Dampfkreisläufe davon durchsetzt. Hiergegen ist es üblich, Dampfsiebe einzusetzen, welche in der Regel Lochdurchmesser von 3-4 mm aufweisen, weshalb sie eher Teilefänger als Staubsiebe sind. Zwar ist es richtig, dass während der Inbetriebsetzung ein Feinsieb mit kleinen Löcher von ungefähr 1 mm Durchmesser vorgelegt werden kann, indessen muss dieses später aus strömungstechnischen Gründen wieder entfernt werden. Vergleichsweise mussten bei offenbleibenden Entwässerungsöffnungen bei Dampfturbinen die Lochdurchmesser auf mindestens 4 mm erweitert werden, um sicher zu gehen, dass sie nicht bereits nach kurzer Zeit teilweise oder ganz verstopfen. Ferner muss berücksichtigt werden, dass sich die kleinsten Spiele des ganzen Kreislaufes in den Führungen der gegen ein Festsitzen pulsierenden Ventilschneidringe befinden. Die Erosion der Beschauung kann bei Dampfturbinen ein Problem bilden. So gesehen brauchen insbesondere Schaufelkühlkanäle von Gasturbinen mit ca. 1 mm Durchmesser spezielle Massnahmen. Nach Stand der Technik wird versucht, die Zirkulation von Partikeln im Gesamtkreislauf in mehreren Stufen und an verschiedenen Stellen zu unterbinden.

Die verschiedenen Massnahmen verteuern aber nicht unwesentlich die Anlage, abgesehen davon, dass damit eine sichere Unterbindung von durch Staubpartikel hervorgerufener Verstopfung nicht erreicht werden kann.

### Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art eine einfache Vorkehrung vorzuschlagen, durch welche eine Verstopfung der Kühlkanäle durch Staub oder grössere Partikel unterbunden wird.

Erfindungsgemäss wird dies erreicht, indem vor dem Eintritt in den Kühlkreislauf der Gasturbine, also vorzugsweise im Rotorstromauf der Laufschaufeln, ein oder mehrere Abscheider vorgesehen werden, die sicherstellen, dass die zu Kühlungszwecken vorgesehenen Kanäle durch Staubpartikel nicht verstopfen können. Als besonders geeignet wird hier ein Trägheitsabscheider vorgeschlagen, welcher die Fliehkräfte im Rotor ausnützt, und so die Laufschaufeln von den im Kühlmittel einherströmenden Staubpartikeln maximal schützt. Um diese Fliehkräfte optimal ausnützen zu können, wird dieser Abscheider an geeigneter Stelle in den Rotor integriert, wobei sichergestellt werden muss, dass eine einfache Zugänglichkeit für Inspektionen zu diesem Abscheider gewährleistet bleibt.

Ein solcher Abscheider lässt allenfalls nur noch einen feinen Staub durch, was nicht weiter schlimm ist, denn je nach Dampfdruck ist dieser Staub, soweit er unter 0.5-1 µm bleibt, für die Kühlung harmlos, womit er an sich im Kreislauf verbleiben kann. Um darüber hinaus sicher zu gehen, dass die Kühlkanäle der Laufschaufeln nicht verstopfen, werden diese Kühlkanäle so ausgelegt, dass der allenfalls in der Strömung verbleibende Reststaub an der Schaufelspitze umgelenkt und zurücktransportiert werden kann, wozu die Geschwindigkeiten und die Druckabfälle des Systems und damit die Schleppkräfte in den Umlenkungen und in den Rückführkanälen des Kühlmittels innerhalb der Laufschaufeln vollauf genügen, wobei gleich anzuführen ist, dass die erfindungsgemässe Abscheidung von Staubpartikeln nicht ausschliesslich auf die Laufschaufeln beschränkt bleibt. Selbstverständlich bleiben die Schaufeln von allfälligen Staubpartikeln unbelastet, wenn die Abscheidung im beschriebenen Rahmen stattfindet.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird anhand der Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen worden. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

## Kurze Beschreibung der Erfindung

Es zeigt:

Fig. 1 ein rotorinternes Kühlsystem und

Fig. 2 und 3 einen Aufbau eines Trägheitsabscheiders.

## Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Fig. 1 zeigt ein rotorinternes System, wie es üblicherweise zum Einsatz gelangt. Der mit Laufschaufeln 2 bestückte Rotor 1 ist nach dem Schweissprinzip aufgebaut, wie dies die Schweissnähte 6 zum Ausdruck bringen. Zwischen den Laufschaufeln 2 sind Leitschaufeln 3 ersichtlich, welche zum Stator ebendieser Strömungsmaschine gehören. Ein System von mit einem Kühlmittel 14 durchströmten Kanälen durchzieht den Rotor 1, dergestalt, dass die Laufschaufeln 2 entweder parallel oder in Serie gekühlt werden können. Fig. 1 zeigt diesbezüglich eine Serieschaltung. Aus einem Hauptkühlmittelhohlraum 12 zweigt mindestens ein Zuströmungskanal 4 ab, welcher zunächst von der Mitte des Rotors 1 nach aussen führt. Im Bereich der Rotor-Aussenfläche 13 ist zu jedem Zuströmkanal 4 ein Abscheider 20 angeordnet, dessen einer hier nur in schematischer Form angedeutet ist. Der besagte Zuströmungskanal 4 führt radial oder quasi-radial in den Abscheider 20 ein, und zweigt dann über einen in wesentlichen axial oder quasi-axial verlaufenden weiteren Zuströmungskanal 9 ab. Dieser Zuströmungskanal 9 endet am Ende des schaufelbestückten Rotors 1 in einen Kühlmittel-Umlaufkanal 5, von wo aus über einen Abzweigekanal 7 eine erste Laufschaufel 2 gekühlt wird. Die Rückströmung des hier eingesetzten Kühlmittels 14, das vorzugsweise ein Dampf ist, aus der gekühlten Laufschaufel 2 geschieht über einen weiteren Abzweigekanal 8, der seinerseits intermediär in einen weiteren Kühlmittel-Umlaufkanal 5a endet, wobei von hier aus die Kühlung der verbleibenden Laufschaufeln nach dargelegter Schaltung vonstatten geht. Aus einem letzten Kühlmittel-Umlaufkanal 5b zweigen in entsprechender Zahl axial oder quasi-axial verlaufende Abströmungskanäle 10 ab, über welchen das thermisch verbrauchte Kühlmittel 15 zurückströmt. Dieser Abströmungskanal 10 geht dann im Bereich des Abscheiders 20 in einen radial oder quasi-radial verlaufenden Rückströmungskanal 11 über, der das Kühlmittel 15 zu einem weiteren, nicht ersichtlichen Verbraucher zurückfördert oder aus den Rotor hinaus führt. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, wird der Abscheider 20 im Bereich der Rotor-Aussenfläche 13 plaziert, wodurch sichergestellt ist, dass er auf einfachste Art und Weise für jede sich aufdrängende Inspektion leicht zugänglich ist. Die spezifische Ausgestaltung des hier genannten Abscheiders 20 wird unter Fig. 2 näher erläutert.

Fig. 2 zeigt nun detailliert den Aufbau des Abscheiders 20, der an obengenannter Stelle angeordnet ist. Aus Fig. 2 ist das über den Zuströmungskanal 4 beförderte, mit Staubpartikeln 21 durchsetzte Kühlmittel 14 ersichtlich. Der Abscheider 20 ist am Ende dieses Zuströmungskanals 4 angebracht, wobei das genannte Kühlmittel 14 dann über den ebenfalls bereits genannten Zuströmungskanal 9 zu den Laufschaufeln 2 geleitet wird. In dem Zuströmungskanal 4 sind die auf die Staubpartikel 21 wirkenden turbinenspezifischen Flieh- und Schleppkräfte nach aussen gerichtet. Die Corioliskräfte konzentrieren demnach die Staubpartikel 21 auf der in der Drehrichtung des Rotors 1 beschleunigenden Seite, wie dies in Fig. 2 zum Ausdruck gebracht wird. Der hier gezeigte Abscheider 20 ist sonach, seiner Funktion entsprechend, ein Trägheitsabscheider, womit die Abscheidung der Staubpartikel 21 maximiert wird. Der Abscheider 20 weist in der radialen Fortsetzung der Kühlmittel-Strömung einen Ausscheiderraum 23 auf, der als Falle zur Einfangung zumindest der grösseren Staubpartikel ausgebildet ist. Die feineren und kleinere Staubpartikel, welche von ihrer Masse hergesehen nicht im Ausscheiderraum 23 hängen bleiben, werden über einen vom Ausscheiderraum 23 abzweigenden Entleerungskanal 22 in den Rückströmungskanal 11 abgeleitet, von wo aus sie von der Strömung des Kühlmittels 15 erfasst und abgeführt werden. Zu diesem Zweck müssen die Geschwindigkeit und der Druckabfall des Kühlmittels 15 entsprechende Werte aufweisen. Dies führt zur Erkenntnis, dass der Abscheider 20 und die mit diesem in Wirkverbindung stehenden Kanäle 4, 9, 10, 11 und 22 aufeinander abgestimmt sein müssen. Insbesondere betrifft dies die Ueberleitung des Zuströmungskanals 4 über einen Mittelkörper 25 in den bereits beschriebenen Ausscheiderraum 23. Die Interdependenz zwischen dem in den radialen Zuströmungskanal 4 hineinragenden Mittelkörper 25 und dem in diesem Bereich abzweigenden axialen Zuströmungskanal 9 muss so gehandhabt werden, dass die Staubpartikel 21 im Ausscheiderraum 23 eingefangen werden können. Die Schleppkräfte der Strömung in diesem Ausscheiderraum 23 sind indessen immer noch gross genug, dass die feineren nicht einfangbaren Staubpartikel von dort aus über den Entleerungskanal 22 abströmen können, um dann, wie bereits beschrieben, über den radialen oder quasi-radialen Rückströmungskanal 11 abgeführt zu werden. Der Abscheider 20 ist in den Rotor 1 so eingebaut, dass er für Inspektionen und Reinigungen des Ausscheiderraumes 23 gut zugänglich ist, vorzugsweise so, dass die Maschine zu diesem Zweck nicht geöffnet werden muss. Eine inspektionsfreundliche Konstruktion ist aus Fig. 2 ersichtlich. Der Ausscheiderraum 23 wird in radialer Richtung gegen die Rotor-Aussenfläche 13 durch eine Hochdruckdichtung 24 abgedichtet, welche ihrerseits durch einen mehrfach verschraubten Abschlussdeckel 26 gespannt ist. Falls feinste Partikel über den axialen Zuströmungskanal 9 zu den Laufschaufeln gelangen sollten, so ist dies nicht weiter schlimm, denn der

Strömungspfad der Kühlkanäle innerhalb dieser Schaufeln ist so ausgelegt, dass der verbleibende Reststaub an der Spitze der Schaufeln umgelenkt und über den axialen Abströmungskanal 10 zurücktransportiert werden kann.

Fig. 3 zeigt die Einleitung des radialen Zuströmungskanals 4 in den in axialer Richtung verlaufenden Zuströmungskanal 9 zu den zu kühlenden Laufschaufeln. Durch die von der Abscheidung bedingte tangential-e Einstromung des erstgenannten 4 in den zweiten 9 entsteht im Bereich der Einleitung eine Drallströmung, welche sich innerhalb des Zuströmungskanals 9 fortsetzen und so die anschliessende Kühlung der Laufschaufeln stark beeinträchtigen würde. Als Abhilfe hiergegen werden in diesem Bereich Rippen 27 und Strömungshilfen 28 vorgesehen, welche eine drallfreie, nämlich laminare Strömung 29 bewerkstelligen. Die Rippen 27 weisen einen im wesentlich rechtwinklig zur Einstromung aus dem Zuströmungskanal 4 angeordneten Durchbruch auf, welcher die Strömung aufteilt und somit eine glättende Wirkung entfaltet. Die in den Zuströmungskanal 9 hineinragende Strömungshilfe 28 festigt dann die sich gebildete laminare Strömung weiter. Eine solche Strömung bietet dann Gewähr für eine effiziente grösstmögliche Kühlung der thermisch belasteten Teile. Die Einbringung dieser Rippen 27 geschieht durch endseitige axiale Aufbohrung des Zuströmungskanals 9, der dann durch einen Verschlusszapfen 30 gedichtet wird.

#### Bezugszeichenliste

1	Rotor
2	Laufschaufeln
3	Leitschaufeln
4	Kühlmittelkanal, radialer Zuströmungskanal
5	Kühlmittel-Umlaufkanal
5a	Kühlmittel-Umlaufkanal
5b	Kühlmittel-Umlaufkanal
6	Schweisssnaht
7	Abzweigungskanal
8	Abzweigungskanal
9	Zuströmungskanal in axialer Richtung
10	Abströmungskanal in axialer Richtung
11	Kühlmittelkanal, radialer Rückströmungskanal
12	Hauptkühlmittelhohlraum
13	Rotor-Aussenfläche
14	Kühlmittel, Zuströmung
15	Kühlmittel, Rückströmung
20	Abscheider, Trägheitsabscheider
21	Staubpartikel
22	Entleerungskanal
23	Ausscheideraum
24	Hochdruckdichtung
25	Mittelkörper
26	Abschlussdeckel
27	Rippe
28	Strömungshilfe

- 29 Drallfreie, laminare Strömung
- 30 Verschlusszapfen

#### 5 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abscheidung von Staubpartikeln innerhalb eines Kühlsystems eines mit Laufschaufeln bestückten Rotors einer Strömungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) stromauf der zu kühlenden Laufschaufeln (2) angeordnet und durch mindestens einen mit einem Kühlmittel (14) durchströmten Zuströmungskanals (4) versehen ist, dass der Zuströmungskanal (4) in radialer Richtung innerhalb des Rotors (1) so gerichtet ist, dass die sich im Kühlmittel (14) befindlichen Staubpartikel (21) auf der in der Drehrichtung des Rotors (1) beschleunigenden Seite ansammeln, und dass diese Staubpartikel (21) anschliessend in einem mit dem Zuströmungskanal (4) in Wirkverbindung stehenden Ausscheideraum (23) innerhalb der Vorrichtung (20) einfangbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) im Bereich der Rotor-Aussenfläche (13) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Ausscheideraum (23) mindestens ein Entleerungskanal (22) abzweigt, welcher in einen radial oder quasi-radial in Gegenströmung zum Zuströmungskanal (4) verlaufenden Rückströmungskanal (11) mündet.
- 35 4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Zuströmungskanal (4) stromab des Ausscheideraumes (23) mindestens ein axial oder quasi-axial verlaufender Zuströmungskanal (9) zur Versorgung der Laufschaufeln (2) mit dem Kühlmittel (14) abzweigt.
- 40 5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem axial oder quasi-axial verlaufenden Kanal (9) in der Strömungsebene des hier einmündenden Zuströmungskanals (4) Mittel (27, 28) zur Erzeugung einer laminaren Strömung (29) im jenen Kanal (9) vorhanden sind.
- 45 6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausscheideraum (23) mindestens von der Oberfläche (13) des Rotors (1) zugänglich ist.
- 50
- 55

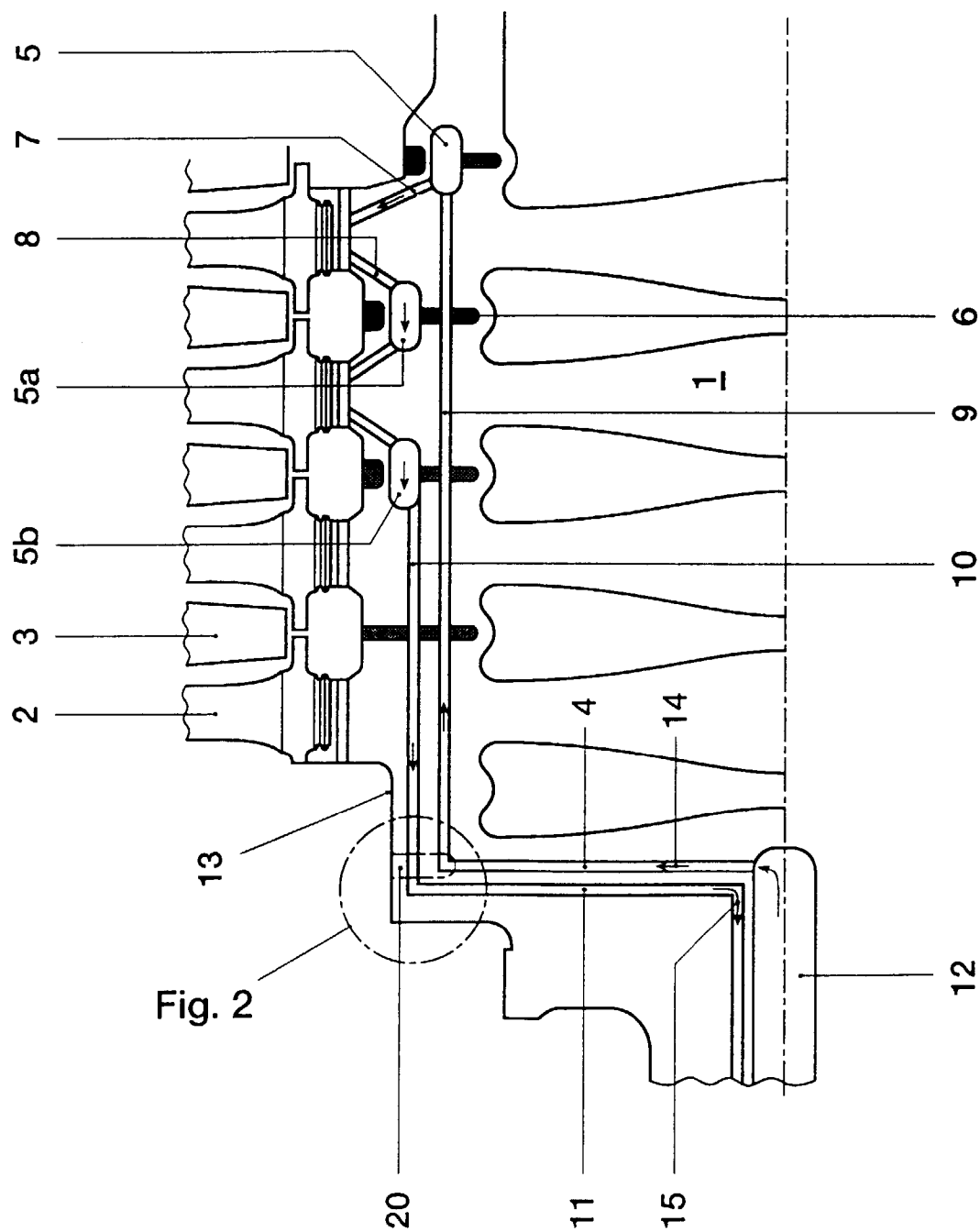
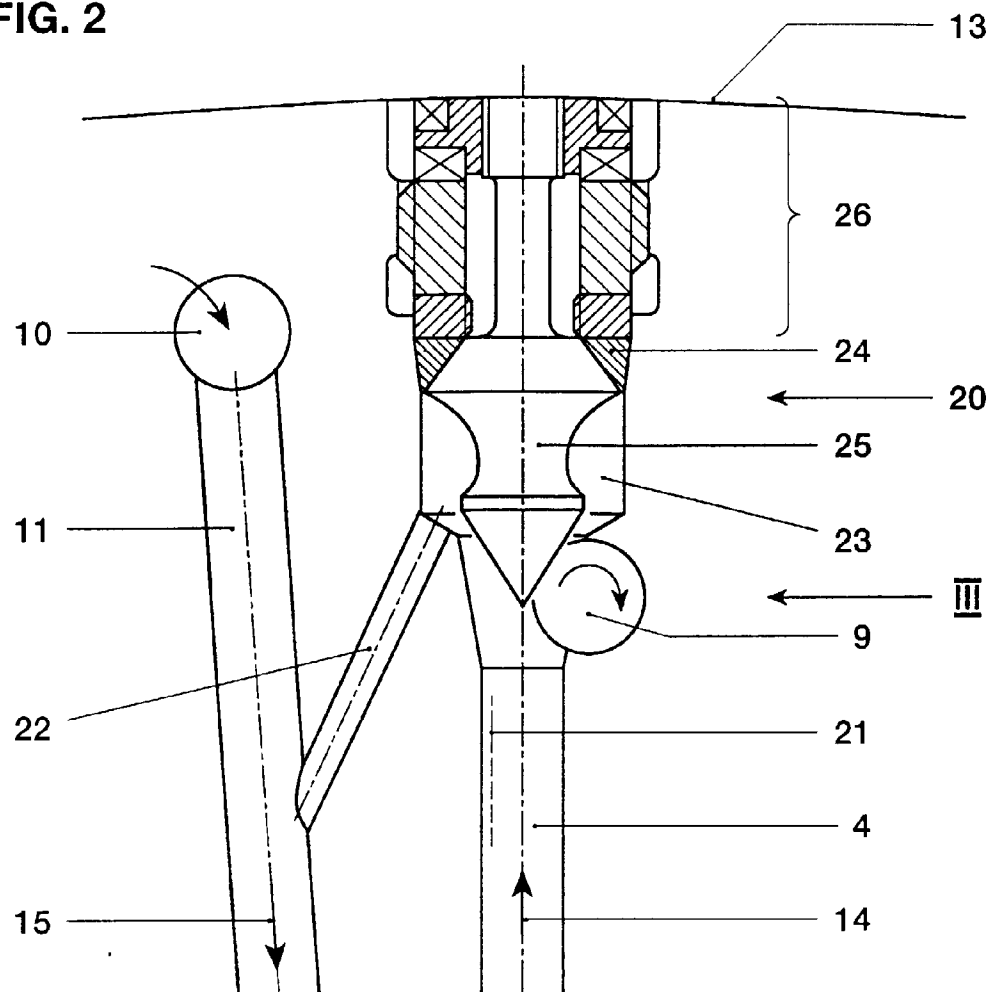
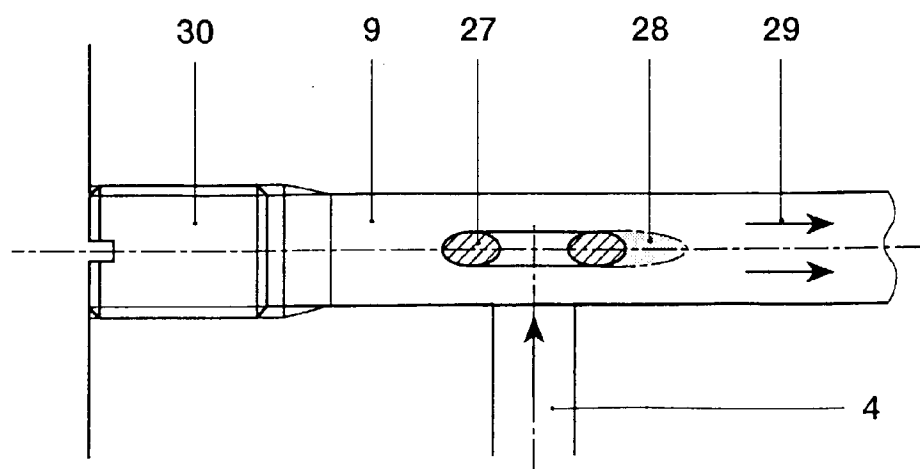


FIG. 1

FIG. 2



**FIG. 3**





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 81 0453

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 246 039 A (GARRETT CORP) * Abbildungen *	1	F01D25/32
A	US 3 720 045 A (MURPHY J) * Zusammenfassung *	1	
A	US 3 673 771 A (DICKEY THOMAS A) * Zusammenfassung *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>21. November 1997</b>	Prüfer <b>Argentini, A</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie übereinstimmendes Dokument X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur	

EPO FORM 1503 03 82 (P64C03)