



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 013 879 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.06.2000 Patentblatt 2000/26**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F01D 5/08, F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **98811267.8**

(22) Anmeldetag: **24.12.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

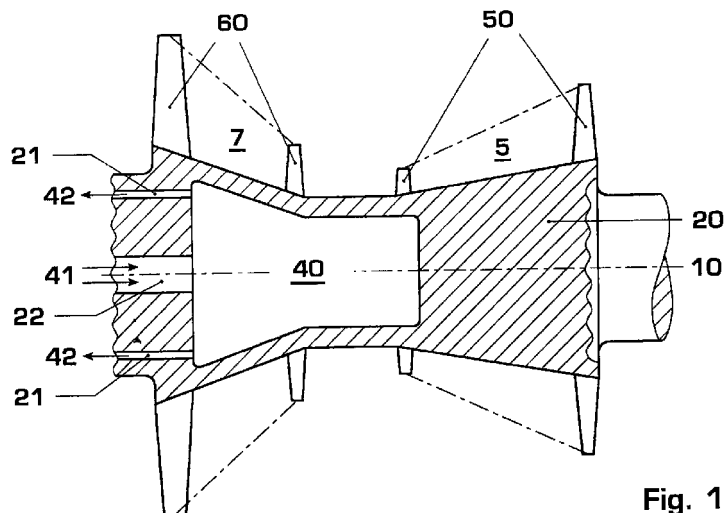
(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**  
**5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder: **Meylan, Pierre**  
**5432 Neuenhof (CH)**

(54) **Flüssigkeitsgekühlte Turbomaschinenwelle**

(57) Eine Welle einer Wärmekraftmaschine, beispielsweise einer Gasturbine, ist im Betrieb vom einem Medium sehr hoher Temperatur umströmt. Diese Welle schliesst in ihrem Inneren mindestens einen Hohlraum ein. Die Welle ist mit Mitteln zur Zufuhr (22) eines frischen Kühlmediums (41) in den Hohlraum und zur Abfuhr (21) eines erwärmten Kühlmediums (42) aus dem Hohlraum heraus versehen. Das Kühlmedium ist dabei eine Flüssigkeit, oder ein Medium unter überkriti-

schem Druck. Der Druck des Kühlmediums und die maximale Temperatur sind so gewählt, dass eine Verdampfung vermieden wird. Mit Hilfe der Flüssigkeitskühlung wird der Wärmeübergang intensiviert, und bei geeigneter Auslegung ist die Temperatur der Welle im betrieb hinreichend niedrig, dass auf die Verwendung hochwarmfester Stähle verzichtet werden kann.



**Fig. 1**

**EP 1 013 879 A1**

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine, beinhaltend unter anderem eine Welle, welche Welle sich im Betrieb um eine Rotationsachse dreht, und welche Welle im Betrieb an einer radial aussen liegenden Grenzfläche von einem Medium hoher Temperatur beaufschlagt wird, welche Welle weiterhin in ihrem Inneren mindestens einen Hohlraum einschliesst, und welche Welle mit Mitteln zur Zufuhr eines frischen Kühlmediums in den Hohlraum und zur Abfuhr eines erwärmten Kühlmediums aus dem Hohlraum versehen ist.

### Stand der Technik

[0002] Im Gasturbinenbau ist ein Trend zu grossen Einheitenleistungen zu beobachten. Die realisierten Prozesstemperaturen- und Drücke steigen ebenfalls stetig an. In Folge wurden in der Vergangenheit effiziente Kühlmethoden für thermisch hochbelastete Komponenten wie die Turbinenschaufeln entwickelt. Aufgrund der zunehmenden Einheitenleistung tritt jedoch auch die Welle der Maschinen zusehends ins Blickfeld, deren mit der Baugrösse steigende mechanische Beanspruchung bei gleichzeitig steigenden Materialtemperaturen zum Einsatz immer teurer und schwierig zu bearbeitender Werkstoffe führt

[0003] Insbesondere bei grossen Einheitenleistungen zeigt sich die Überlegenheit geschweisster Wellen gegenüber anderen Bauarten wie Scheibenläufern, welche durch einen oder mehrere Zuganker verbunden sind. Beispielsweise neigt insbesondere ein Scheibenläufer mit einem zentralen Zuganker bei hohen zu übertragenden Drehmomenten zum Verdrehen. Solche Probleme treten bei geschweissten Wellen naturgemäss nicht auf. Andererseits ist man auf eine gute Schweissbarkeit der verwendeten Werkstoffe angewiesen, was beim Einsatz hochwarmfester Werkstoffe immer weniger gegeben ist. Gleichzeitig stellen solche Werkstoffe auch Probleme bei der spanenden Bearbeitung der Wellen.

[0004] Daher ist anzustreben, die Temperatur zumindest der mechanisch hochbelasteten Bereiche der Welle niedrig zu halten. Insbesondere dann, wenn die Temperatur unterhalb etwa 300°C gehalten werden kann, ist der Einsatz konventioneller Stähle möglich. Freilich ist hierzu eine effiziente Kühlung der Welle notwendig.

[0005] In der Vergangenheit wurden mehrfach vorgeschlagen, die Wellen von Gasturbinen zu kühlen. Hierbei wurde anhin die Kühlung mit Verdichterluft bevorzugt. EP 761 929 A1 und DE 44 11 616 A1 geben Möglichkeiten an, Gasturbinenroren mittels Verdichterluft zu kühlen. Derartige Kühlungseinrichtungen lassen sich besonders leicht realisieren, wenn die Welle

aus einzelnen Scheiben besteht, die miteinander verschweisst sind, und Hohlräume einschliessen. Mit derartigen Kühlmethoden ist es jedoch nur beschränkt möglich, die Temperatur der Welle signifikant zu senken. Dies ist einerseits darin begründet, dass nur eine begrenzte Menge an Kühlluft zur Verfügung steht, andererseits hat bereits die Hochdruck-Verdichterluft, welche einem modernen Gasturbinenprozess entnommen wird, eine höhere Temperatur als die oben geforderte. Weiterhin vereitelt der relative schlechte Wärmeübergang der Luft eine effiziente Konvektionskühlung der Welle. So fokussieren die zitierten Druckschriften auf Verfahren, die eine Steuerung des zeitlichen Temperaturverlaufs und damit der thermischen Dehnung der Welle in transienten Betriebszuständen ermöglichen.

[0006] Neueste Entwicklungen haben die Prozesseckdaten soweit nach oben getrieben, dass im stationären Betrieb einer Gasturbine Massnahmen zum Schutz der Welle vor Überhitzung getroffen werden müssen. So schlägt DE 196 17 539 A1 vor, innerhalb der oben erwähnten Hohlräume, die im Inneren einer geschweissten Welle vorliegen, radiale Führungsstege einzubringen, welche die Kühlung verbessern. Aus DE 196 15 549 ist weiterhin bekannt, die in Turbinen weitverbreiteten Wärmestausegmente, die einen unmittelbaren Kontakt der Welle mit dem heissen Arbeitsmedium verhindern, bei entsprechenden Prozesseckdaten auch in den letzten Stufen des Verdichters einzusetzen.

[0007] Mit den aus dem Stand der Technik bekannten Massnahmen gelingt es jedoch nicht, die Temperatur des Rotors einer modernen Gasturbine, mit hohem Verdichterenddruck und hoher Turbineneintrittstemperatur, auf ein Niveau zu begrenzen, bei dem gut bearbeitbare und schweiszbare konventionelle Stähle, wie beispielsweise 2 - 3% Nickel-Stähle, ohne besondere Berücksichtigung ihrer Hochtemperatureigenschaften verwendet werden können.

### Darstellung der Erfindung

[0008] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es also, bei einer Wärmekraftmaschine, beinhaltend unter anderem eine Welle, welche Welle sich im Betrieb um eine Rotationsachse dreht, und welche Welle im Betrieb an einer radial aussen liegenden Grenzfläche von einem Medium hoher Temperatur beaufschlagt wird, welche Welle weiterhin in ihrem Inneren mindestens einen Hohlraum einschliesst, und welche Welle mit Mitteln zur Zufuhr eines frischen Kühlmediums in den Hohlraum und zur Abfuhr eines erwärmten Kühlmediums aus dem Hohlraum versehen ist, die Welle so auszuführen, dass die Welle im Betrieb sehr effizient gekühlt ist.

[0009] Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass der Hohlraum beim Betrieb der Wärmekraftmaschine fortwährend mit einem Kühlmedium

gefüllt ist, welches Kühlmedium in Form einer Flüssigkeit oder eines Mediums unter überkritischem Druck vorliegt. Aufgrund der volumenspezifisch um Grössenordnungen höheren Wärmekapazität und des ebenfalls deutlich höheren Wärmeübergangs wird die Kühlung gegenüber einem gasförmigen Kühlmedium deutlich gesteigert.

**[0010]** Besonders zweckmässig lässt sich die Erfindung realisieren, wenn die Wärmekraftmaschine mit einer geschweissten Welle ausgestattet ist, wobei die Welle aus einzelnen, in Längsrichtung aneinandergesetzten Segmenten besteht, welche Segmente so geformt sind, dass zwischen jeweils zwei Segmenten ein Hohlraum im Inneren der Welle eingeschlossen ist, und welche Segmente dergestalt miteinander verbunden sind, dass jeder Hohlraum gegen die radial aussen liegende Grenzfläche der Welle hermetisch abgeschlossen ist. Wellen dieser Bauart beinhalten ohnehin schon Hohlräume, die sich aufgrund des hermetischen Abschlusses der Fügeverbindung einfach mit einer Kühlflüssigkeit füllen lassen. Primär sind ausser den Mitteln zur Zu- und Abfuhr des Kühlmediums sowie gegebenenfalls Verbindungskanälen zwischen den Hohlräumen keine konstruktiven Änderungen der Welle notwendig. Ausführungsformen einer solchen Welle ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0011]** Beim Einsatz einer erfindungsgemässen stark gekühlten Welle wird es in den meisten Fällen weiterhin zweckmässig sein, das Gehäuse ebenfalls zu kühlen, damit es nicht durch die stark unterschiedlichen thermischen Dehnungen von Rotor und Stator zu übermässigen Spaltverlusten kommt.

**[0012]** Bevorzugte Ausführungen der Welle und der Prozessführung des Kühlmittels ergeben sich ebenfalls aus den Unteransprüchen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0013]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Im einzelnen zeigen. Dabei zeigt Fig. 1 ein schematisch ein Erfindungsgemässe Turbomaschinenwelle. Fig 2 zeigt Beispiele für die Ausgestaltung der Kühlmittelführung in peripheren Bereichen einer Welle. Fig. 3 illustriert eine Möglichkeit der internen Kühlmittelführung in einem geschweissten Scheibenläufer.

**[0014]** Im den Figuren 4 und 5 sind Möglichkeiten zur Integration der Laufschaufelkühlung in das erfindungsgemässe Kühlsystem dargestellt.

**[0015]** Fig. 6 zeigt schliesslich die Integration des erfindungsgemässen Kühlsystem in ein Kombikraftwerk.

**[0016]** In der Zeichnung sind im Sinne einer besseren Übersichtlichkeit alle nicht zum unmittelbaren Verständnis notwendigen Details weggelassen. Die schematischen Figuren stellen nur Beispiele dar, und dürfen nicht in einschränkendem Sinne verstanden werden.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

**[0017]** Fig. 1 zeigt schematisch die Welle 20 einer Gasturbine. Elemente, die nicht zum unmittelbaren Verständnis der Erfindung notwendig sind, wie beispielsweise die Lagerung der Welle, sind fortgelassen. An ihrem äusseren Umfang ist die Welle im wesentlichen mit Verdichter-Laufschaufeln 50 und Turbinen-Laufschaufeln 60 versehen, welche den Verdichterabschnitt 5 und den Turbinenabschnitt 7 definieren. Die Welle beinhaltet einen Hohlraum 40, sowie Mittel 22 zur Zufuhr eines frischen Kühlmediums 41 in den Hohlraum und Mittel 21 zur Abfuhr eines erwärmten Kühlmediums 42 aus dem Hohlraum. Im Betrieb wird die Welle insbesondere im Turbinenteil 7 sowie zwischen dem Turbinenteil 7 und dem Verdichterteil 5 von einem heissen Gas umströmt, dessen Temperatur höher als die zulässige Materialtemperatur der Welle 20 ist. Der Hohlraum 40 ist im Betrieb mit einer Flüssigkeit gefüllt. Dabei ist der Druck der Flüssigkeit so zu wählen, dass es nicht zur Verdampfung der erwärmten Kühlflüssigkeit im Hohlraum 40 kommt. Weiterhin wird die Temperatur der Flüssigkeit im Hohlraum 40 begrenzt, indem fortwährend frische Kühlflüssigkeit 41 über den Kühlmittelzufluss 22 zugeführt und erwärmte Kühlflüssigkeit 42 über den Rücklauf 21 abgeführt wird.

**[0018]** Die Bezeichnung des Kühlmittels als Kühlflüssigkeit ist hier nicht immer physikalisch exakt: Bei entsprechend hohem Druck kann das Kühlmittel auch ohne weiteres ein überkritisches Medium sein. Aus Gründen der Einfachheit wird im Ausführungsbeispiel von einer Flüssigkeit ausgegangen; die Verallgemeinerung ist für den Fachmann trivial.

**[0019]** Die radiale Lage der Zulauf- bzw. Rücklauföffnungen 21, 22 ist hier nicht primär erfindungswesentlich; es wird jedoch zweckmässig sein, wenn, wie in Fig. 1, die Zuläufe näher an der Rotationsachse 10 der Welle angeordnet sind, als die Rückläufe 42. Dies ist darin begründet, dass die Flüssigkeit innerhalb des Hohlraums mit der Welle 20 um die Rotationsachse 10 rotiert. Somit wird bei der dargestellten Anordnung die Kühlflüssigkeit 41, die durch die Zuläufe 22 in den Hohlraum 40 einströmt, radial nach aussen gefördert, und strömt, nachdem sie Wärme aus der Welle aufgenommen hat, durch die Rückläufe 21 ab. Damit fördert die Welle die Kühlflüssigkeit selbst.

**[0020]** Andererseits baut sich aufgrund der Rotation der Welle in dem Hohlraum 40 ein Druckfeld auf, dergestalt, dass die Flüssigkeit im Hohlraum 40 ja in Gestalt eines Festkörperwirbels mit der Welle 20 um die Rotationsachse 10 rotiert, und somit der Druck in der Flüssigkeit vom Zentrum nach aussen zunimmt. In Bereichen, die radial ausserhalb eines Kühlmittelrücklaufs 21 liegen, strömt somit erwärmte Kühlflüssigkeit aufgrund der hydrostatischen Druckverteilung in Richtung geringeren Druckes, das heisst zum Zentrum der Welle hin, ab, und wird durch kühles Medium ersetzt, was weiterhin zu einem guten Wärmeübergang zwi-

schen dem Material der Welle 20 und der Kühlflüssigkeit beiträgt.

**[0021]** Die hydrostatische Druckverteilung innerhalb des Hohlraums 40 ermöglicht weiterhin auch die Kühlung exponierter Segmente der Welle durch Sacklöcher, was in Fig. 2 dargestellt ist. Die Figur zeigt den Turbinenabschnitt einer Welle 20, welche mit radialen Führungsnuten zur Aufnahme von Laufschaufeln 60 versehen ist. Zur Halterung der Schaufeln 60 sind aus der Welle 20 hervorstehende Halterungen 25 vorgesehen. Im Gegensatz zu anderen Segmenten der Welle, die beispielsweise mit Wärmestausegmenten versehen sein können, sind die Halterungen 25 an Ihrer Oberfläche der Heissgasströmung unmittelbar ausgesetzt und infolgedessen thermisch besonders hoch belastet. Zudem werden die Halterungen auch mechanisch stark beansprucht, da sie die fliehkraftbeaufschlagten Laufschaufeln 60 halten und deren Umfangskraft auf die Welle übertragen müssen. Zur Kühlung der Halterungen 25 können nun von einem Hohlraum 40 abzweigende und in die Halterungen 25 hineinragende Sackbohrungen 405 in die Welle 20 eingebracht werden. Kühlflüssigkeit, die in den Sackbohrungen 405 erwärmt wird, oder gar verdampft, strömt aufgrund der beschriebenen Druckverteilung durch eine natürliche Konvektionsströmung in den Hohlraum 40 zurück und wird durch frische Kühlflüssigkeit ersetzt.

**[0022]** Die Ausbildung dieses Strömungs- und Druckfeldes innerhalb des Hohlraums wird begünstigt, wenn der Hohlraum mit radialen Rippen versehen wird, wie sie bereits aus der DE 196 17 539 zum Einsatz mit luftgekühlten Wellen bekannt sind, wobei diese Schrift einen integrierenden Bestandteil der vorliegenden Beschreibung darstellt. Diese Massnahme verhindert weiterhin die Erzeugung schädlicher Sekundärströmungen mit starken Umfangskomponenten.

**[0023]** Die beschriebene Kühlung lässt sich herstellungstechnisch besonders einfach realisieren bei geschweissten Wellen, wie sie beispielsweise aus der DE 26 33 829 bekannt sind. Diese bestehen aus einzelnen, im Wesentlichen scheibenförmigen Segmenten, die in Längsrichtung aneinandergefügt und mittels umlaufender Schweissungen miteinander verbunden werden. Bauartbedingt schliessen diese Wellen zwischen den Längssegmenten Hohlräume ein, die durch die umlaufenden Schweissnähte hermetisch nach aussen abgedichtet sind. Vor dem Fügen kann eine Bearbeitung des Innenraums der Welle, beispielsweise, um die oben beschriebenen Sacklöcher einzubringen, sehr einfach realisiert werden. Hier muss eine Verbindung zwischen den einzelnen Hohlräumen realisiert werden, wie in einem in Fig. 3 dargestellten Beispiel skizziert. Die Welle 20 besteht in diesem Beispiel aus den Segmenten 201, 202, 203, 204, 205, 206 und 207, die miteinander verschweisst sind. Die Welle schliesst zwischen den Segmenten die Hohlräume 40 ein. Zuläufe 22 und Rückläufe 21 sind in diesem Beispiel an einem turbinenseitigen Wellenstumpf angeordnet,

wobei diese exemplarische Anordnung in keinem Fall in einem einschränkenden Sinne zu verstehen ist. Alle Segmente, bis auf das am weitesten vom Kühlmittelzufluss entfernte, sind mit einer zentralen Bohrung versehen, durch die ein Rohr 28 hindurchgeführt ist. Radial weiter aussen gelegen sind Verbindungskanäle 23 zwischen den einzelnen Hohlräumen 40 eingebracht. Frische Kühlflüssigkeit 41 strömt durch das zentrale Rohr 28 in den am weitesten entfernten Hohlraum, und durch die Bohrungen 23 werden sukzessive die weiteren Hohlräume von der Flüssigkeit durchströmt, wobei die Kühlflüssigkeit Wärme aus dem Wellenmaterial aufnimmt und durch die Rückläufe 21 abführt. Selbstverständlich sind auch andere interne Führungen der Kühlflüssigkeit möglich, wobei beispielsweise jeder Hohlraum 40 mit einer eigenen Kühlmittleinspeisung versehen sein könnte. Derartige konstruktive Details ergeben sich im konkreten Fall beispielsweise aus einer angestrebten Temperaturverteilung.

**[0024]** In den Figuren 4 und 5 sind Möglichkeiten dargestellt, thermisch hochbelastete Rotorkomponenten, wie Turbinen-Laufschaufeln oder Wärmestausegmente, mittels der dem Hohlraum 40 zugeführten Flüssigkeit zu kühlen. Hierzu wird beispielsweise eine Turbinen-Laufschaufel 60, die von einem Heissgas 8 angeströmt wird, mit Kühlkanälen 406 versehen, die mit dem Hohlraum 40 in Verbindung stehen. Analog zu den in Fig. 2 dargestellten Sacklöchern 405 werden auch die Kanäle 406 bei dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel aufgrund der infolge der Erwärmung der Kühlflüssigkeit auftretenden Dichteunterschiede und der beschriebenen Druckverteilung von Kühlmittel durchströmt. Ebenso ist es möglich, anstatt die Kühlflüssigkeit in einem Kreislauf zu führen, die Mittel zur Abfuhr des erwärmten Kühlmittels 21 als Öffnungen in der Laufschaufel 60 auszuführen, dergestalt, dass das unter Druck stehende und aufgeheizte Kühlmittel 42 vollständig oder teilweise dem Wärme-Kraftprozess zugeführt wird, wodurch die der Welle und den Laufschaufeln entzogene Wärme unmittelbar wieder genutzt wird.

**[0025]** Die beschriebene gekühlte Gasturbinenwelle kann in eine Vielzahl von Schaltungsvarianten zur Kühlung thermisch hochbelasteter Komponenten und zur Leistungserhöhung von Gasturbinen integriert werden, wie sie beispielsweise aus der EP 0 597 305 B1, der DE 44 09 567 A1, der US 5 689 948, oder der EP 0 808 994 A2 bekannt sind. Ebenso kann eine erfindungsgemässe flüssigkeitsgekühlte Welle auch als Vorwärmstufe in einer Kombi-Anlage eingesetzt werden. In der Welle erwärmte Flüssigkeit -zum Beispiel Wasser - kann an beliebiger Stelle sowohl zur Leistungserhöhung oder zur Stickoxidreduktion in einen Gasturbinenkreislauf eingebracht werden, oder zur Erzeugung von Prozessdampf dienen.

**[0026]** Ein Beispiel für eine mögliche Prozessführung ist in Fig. 6 dargestellt. Eine Gasturbine besteht im wesentlichen aus einem Rotor 20 und einem Stator oder Gehäuse 72. Aus der Umgebung wird eine Luft-

menge 81 angesaugt, und im Verdichter 5 verdichtet. In der Brennkammer 6 wird der verdichteten Luft eine Brennstoffmenge 82 zugeführt und verbrannt. Das entstandene Heissgas wird sodann in der Turbine 7 entspannt, wobei ein Drehmoment auf den Rotor übertragen wird. Die in der Turbine dem gespannten Heissgas entnommene Leistung dient zum Antrieb des Verdichters 5 und einer Nutzlast, beispielsweise eines Generators 73. Aus der Turbine strömt ein heisses Gas 83 aus, dem weiterhin Wärme in einem Abhitzedampferzeuger 75 entzogen wird. Eine Pumpe 77 fördert eine Flüssigkeitsmenge 45, beispielsweise Wasser, auf einen erhöhten Druck. Die unter Druck stehende Flüssigkeit wird dem Kühlmittelzulauf der Welle als frische Kühlfüssigkeit 41 zugeführt. Diese wird in dem Hohlraum innerhalb der Welle 20 erwärmt und strömt als erwärmte Kühlfüssigkeit 42 ab. Die bereits erwärmte Kühlfüssigkeit wird nachfolgend dem Stator 72 der Gasturbine zugeführt und kühlt diesen. Selbstverständlich kann die Gehäusekühlung auch unmittelbar mit frischer Kühlfüssigkeit 41 erfolgen, oder mit Dampf, der dem Wasser-Dampf-Kreislauf an einer beliebigen anderen Stelle entnommen wird. Dabei wird die Flüssigkeit weiter erwärmt oder verdampft. Das erwärmte Medium 43 kann nachfolgend als Prozessdampf verwendet werden, oder einem Wasser-Dampf-Kreislauf zugeführt werden, wobei die hier dargestellte Schaltung selbstverständlich keine Einschränkung darstellt; es wurde hier lediglich eine einfache Schaltungsvariante zur Illustration aus der Vielfalt der Möglichkeiten herausgegriffen. In dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel wird das Kühlmedium 43 nach erfolgter Gehäusekühlung einem Abhitzedampferzeuger 75 zugeführt, und strömt als überhitzter Dampf 44 einer Dampfturbine 74 zu, in der die der Gasturbine durch Kühlung und heisses Abgas entzogene Wärme zur Erzeugung einer weiteren mechanischen Leistung genutzt wird. Nachfolgend wird der entspannte Dampf in einen Kondensator 76 geleitet und steht wieder als Kühlfüssigkeit zur Verfügung.

**[0027]** Wo dies zweckmässig ist, kann das erwärmte Kühlmedium 42, 43 ganz oder teilweise an geeigneter Stelle dem Arbeitsmedium der Gasturbine zugeführt werden, was oben bereits angedeutet wurde.

**[0028]** Um die der Welle 20 zu entziehende Wärmeleistung zu reduzieren, wird es sich insbesondere dann, wenn die Gasturbine mit hohen Druckverhältnissen und ohne Zwischenkühlung der Verdichterluft arbeitet, zweckmässig erweisen, bereits in den letzten Verdichterstufen Wärmestausegmente einzubauen, wie in der DE 196 15 549 A1 beschrieben.

**[0029]** Abschliessend bleibt festzuhalten, dass die erfindungsgemässe Welle insbesondere in Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung, wie sie in den US-Patentschriften 5,577,378 und 5,454,220 beschrieben sind, aufgrund der dort vorliegenden extremen Prozessdaten mit Vorteil einzusetzen ist, wobei die zitierte Schrift einen integrierenden Bestandteil der vorliegenden Beschreibung darstellt.

## Bezugszeichenliste

### [0030]

5	5	Verdichterabschnitt
	6	Brennkammer
	7	Turbinenabschnitt
	8	Heissgas
	10	Rotationsachse
10	20	Turbomaschinenwelle
	21	Mittel zur Abfuhr erwärmten Kühlmediums (Zulauf)
	22	Mittel zur Zufuhr frischen Kühlmediums (Rücklauf)
15	23	Verbindungskanal
	25	Halterung
	28	Rohr
	40	Hohlraum
	41	Frisches Kühlmedium
20	42	Erwärmtes Kühlmedium aus dem Rotor
	43	Erwärmtes Kühlmedium aus dem Stator
	44	Überhitzter Dampf
	45	Flüssigkeitsmenge
	50	Verdichter-Laufschaukel
25	60	Turbinen-Laufschaukel
	72	Stator
	73	Generator
	74	Dampfturbine
	75	Abhitzedampferzeuger
30	76	Kondensator
	77	Pumpe
	81	Luftmenge
	82	Brennstoffmenge
	83	Heissgas
35	201	Rotorscheibe
	202	Rotorscheibe
	203	Rotorscheibe
	204	Rotorscheibe
	205	Rotorscheibe
40	206	Rotorscheibe
	207	Rotorscheibe
	405	Kühlkanal
	406	Kühlkanal

### 45 Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine, beinhaltend unter anderem eine Welle (20), welche Welle sich im Betrieb um eine Rotationsachse (10) dreht, und welche Welle im Betrieb an einer radial aussen liegenden Grenzfläche von einem Medium hoher Temperatur beaufschlagt wird, welche Welle weiterhin in ihrem Inneren mindestens einen Hohlraum (40) einschliesst, und welche Welle mit Mitteln (21,22) zur Zufuhr eines frischen Kühlmediums (41) in den Hohlraum und zur Abfuhr eines erwärmten Kühlmediums (42) aus dem Hohlraum versehen ist, dadurch gekennzeichnet, der Hohlraum beim

Betrieb der Wärmekraftmaschine fortwährend mit einem Kühlmedium gefüllt ist, welches Kühlmedium in Form einer Flüssigkeit oder eines Mediums unter überkritischem Druck vorliegt.

2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Welle aus einzelnen, in Längsrichtung aneinandergefügt Segmenten (201, 202, 203, 204, 205, 206, 207) besteht, welche Segmente so geformt sind, dass zwischen jeweils zwei Segmenten ein Hohlraum (40) im Inneren der Welle eingeschlossen ist, und welche Segmente dergestalt miteinander verbunden sind, dass jeder Hohlraum gegen die radial aussen liegende Grenzfläche der Welle hermetisch abgeschlossen ist, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Hohlräume durch zentrale Öffnungen miteinander verbunden sind, und dass mindestens ein Hohlraum mit besagtem Mittel zur Zufuhr des frischen Kühlmediums verbunden ist, dergestalt, dass das frische Kühlmedium durch Öffnungen in jeden der Hohlräume einströmt, und dass jeder Hohlraum über mindestens eine Öffnung zur Abfuhr des erwärmten Kühlmediums aus diesem Hohlraum angebracht ist. 5 10 15 20 25
3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Welle aus einzelnen, in Längsrichtung aneinandergefügt Segmenten (201, 202, 203, 204, 205, 206, 207) besteht, welche Segmente so geformt sind, dass zwischen jeweils zwei Segmenten ein Hohlraum (40) im Inneren der Welle eingeschlossen ist, und welche Segmente dergestalt miteinander verbunden sind, dass jeder Hohlraum gegen die radial aussen liegende Grenzfläche der Welle hermetisch abgeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich eines Wellenendes ein Kühlmittelzulauf (22) angebracht ist, dass ein Rohr (28) mit diesem Kühlmittelzulauf verbunden ist, welches Rohr durch zentrale Öffnungen in den Wellensegmenten hindurchgeführt ist, und welches Rohr in einem der Hohlräume endet, dergestalt, dass das frische Kühlmittel durch das Rohr in eben diesen Hohlraum einströmt, und, dass dieser Hohlraum mit mindestens einem weiteren Hohlraum durch Öffnungen in den Segmenten verbunden ist. 30 35 40 45
4. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 wobei die Welle innerhalb eines Gehäuses angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (72) der Maschine gekühlt ist. 50
5. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle mit weiteren Komponenten wie beispielsweise Lautschaufeln (60) oder Wärmestausegmenten (28) bestückt ist, und dass zumindest ein Teil des innerhalb der Welle erwärmten Kühlmediums zur Kühlung dieser Kom-

ponenten verwendet wird.

6. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Abfuhr des erwärmten Kühlmediums aus den Hohlräumen im Inneren der Welle dergestalt ausgeführt sind, dass zumindest ein Teil des erwärmten Kühlmediums in das Arbeitsmedium (8) der Wärmekraftmaschine einströmt.
7. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Mittel zur Abfuhr von erwärmtem Kühlmedium ein Rücklauf ist.
8. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rücklauf mit weiteren thermisch hochbelasteten Komponenten (72) der Wärmekraftmaschine verbunden ist, dergestalt, dass innerhalb der Welle erwärmtes Kühlmedium zur Kühlung der weiteren Komponenten verwendbar ist.
9. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des Kühlmediums in einem geschlossenen Kreislauf geführt ist.
10. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium in dem geschlossenen Kreislauf einen Kühler (76) durchströmt.
11. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium in dem geschlossenen Kreislauf mindestens einen Verdampfer und Überhitzer (75) und eine Turbine (74) durchströmt.
12. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Zufuhr (22) von frischem Kühlmedium (41) näher an der Rotationsachse (10) der Welle liegen als Mittel zur Abfuhr (21) erwärmten Kühlmediums (42).
13. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Hohlraums Einbauten zur Führung des Kühlmediums vorhanden sind.
14. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Führung des Kühlmediums im wesentlichen radial verlaufende Rippen sind.
15. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle in den letzten Verdichterstufen mit Wärmestausegmenten versehen

ist.

- 16.** Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmekraftmaschine eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung ist. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

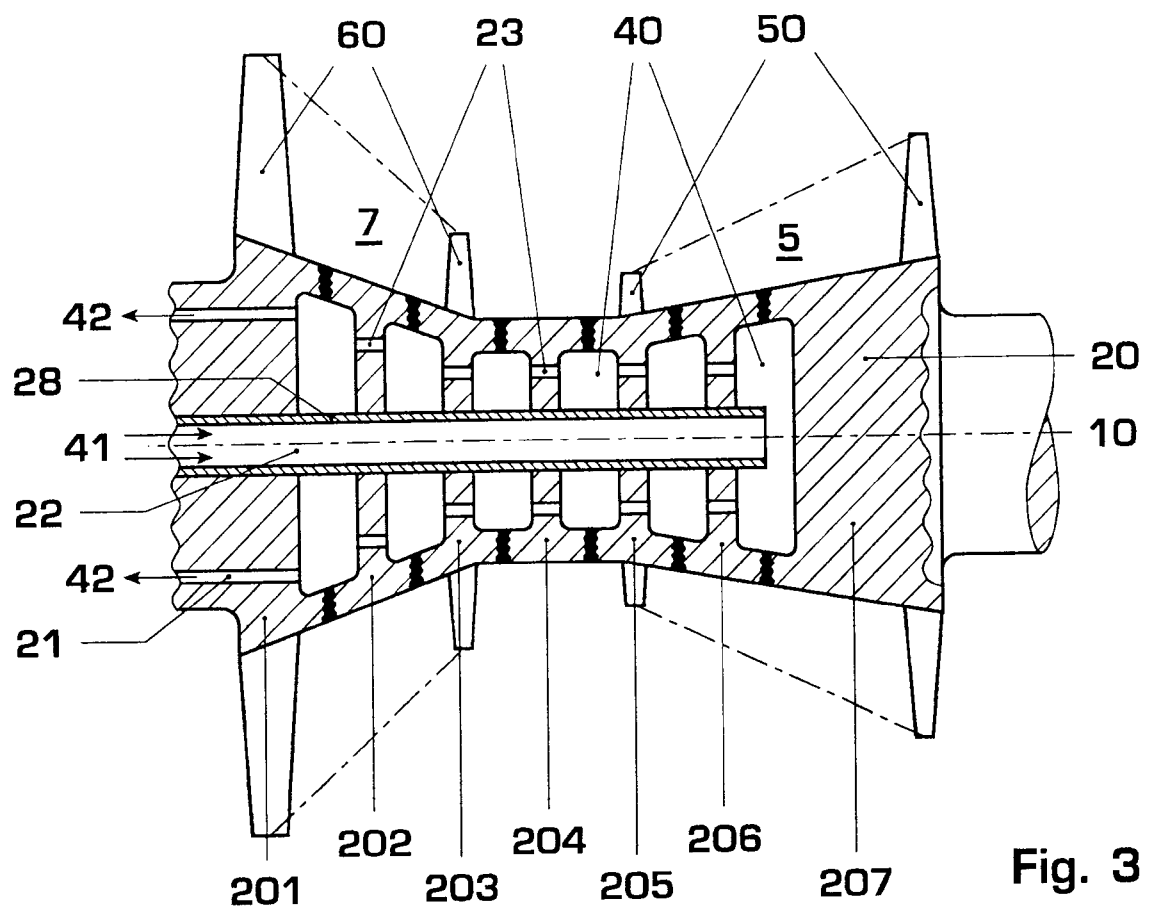
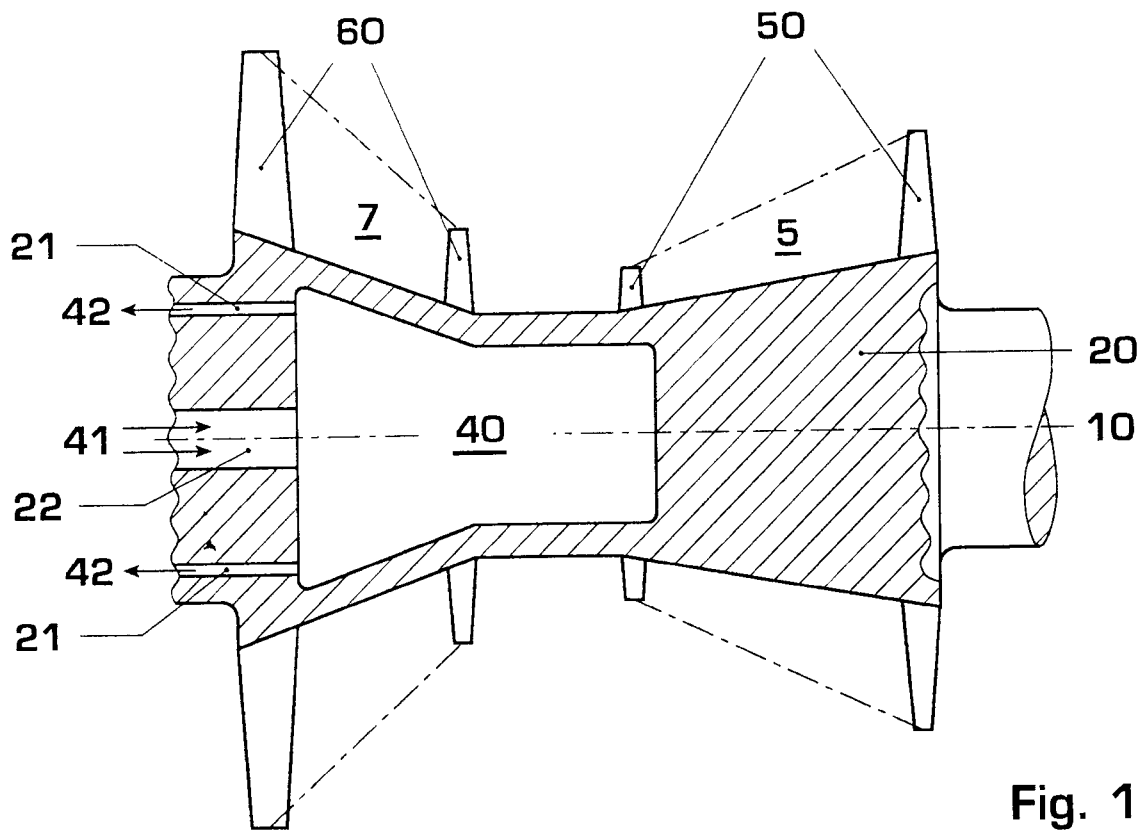




Fig. 2

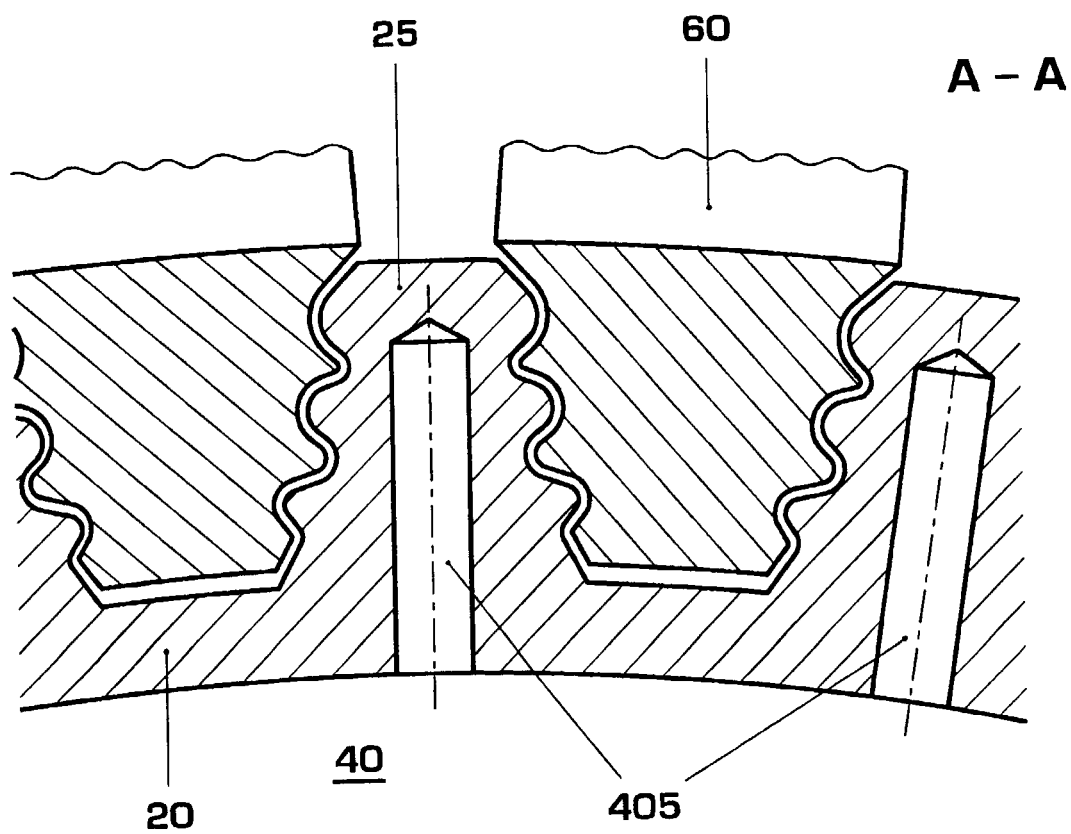
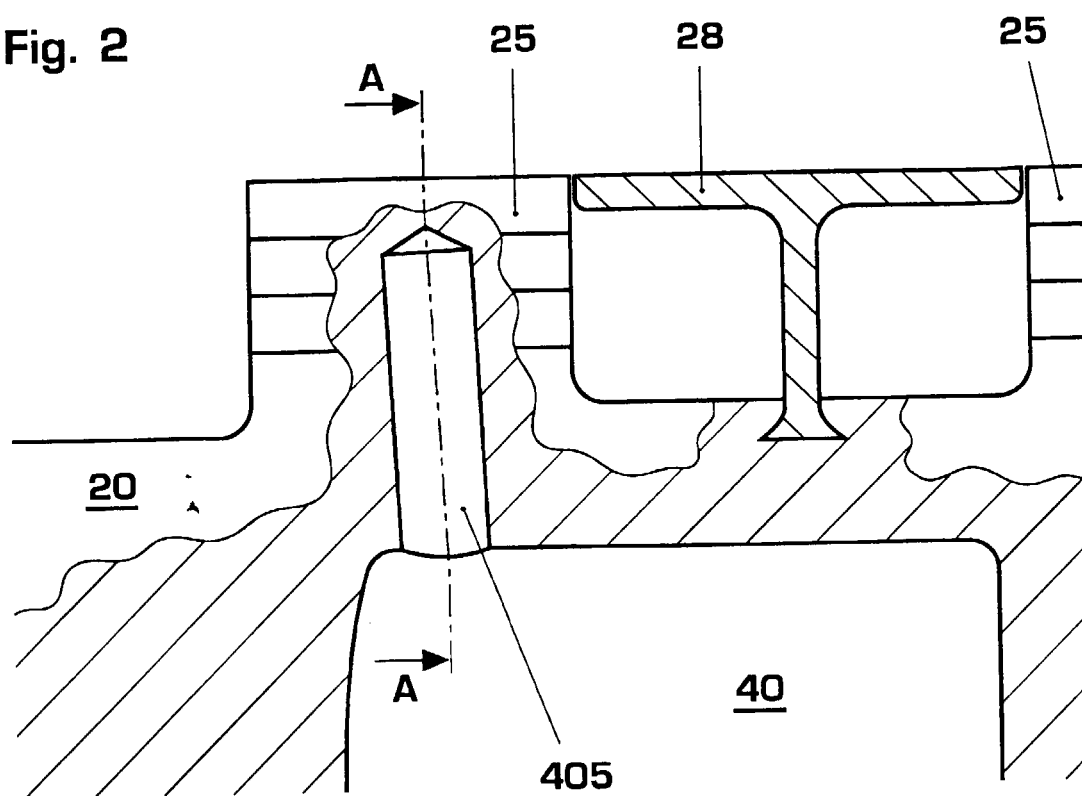


Fig. 4

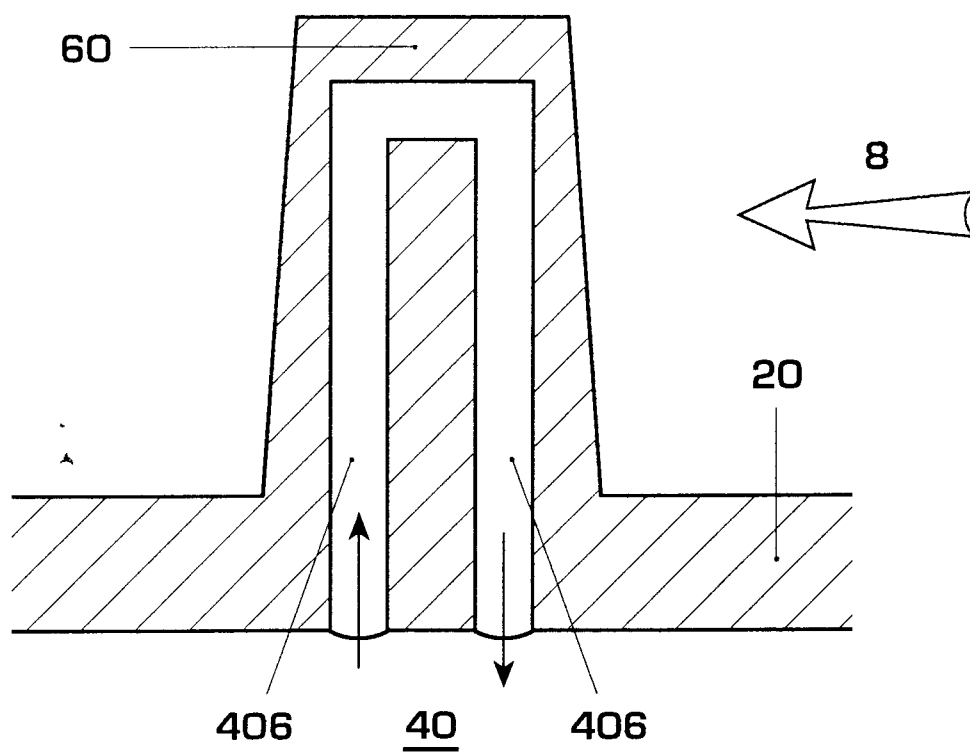
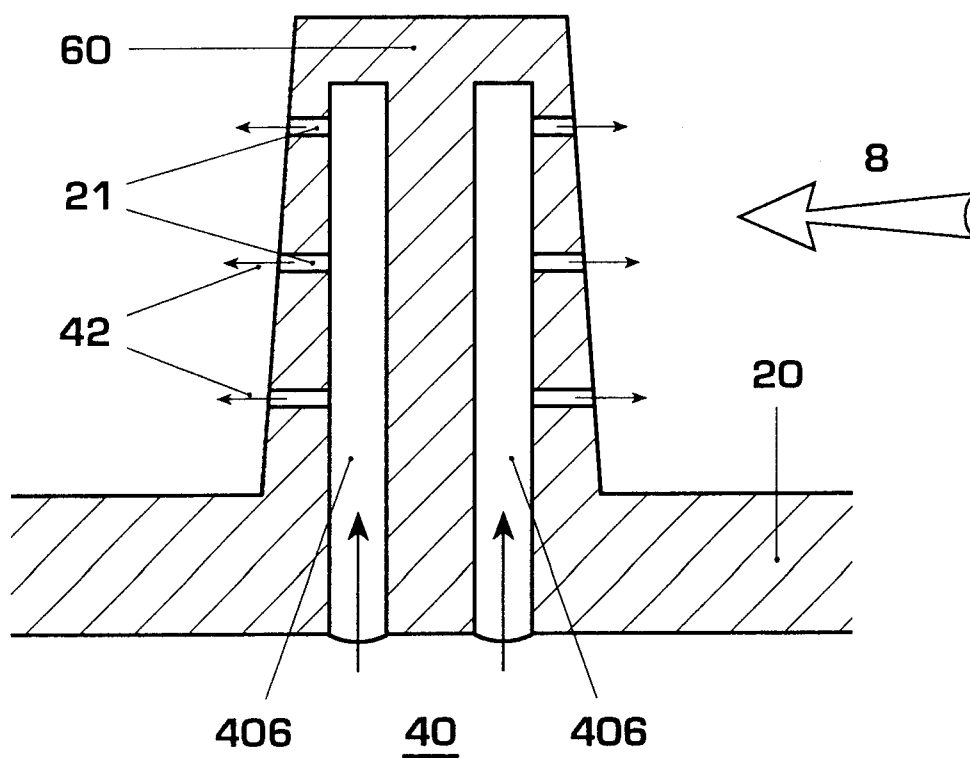


Fig. 5



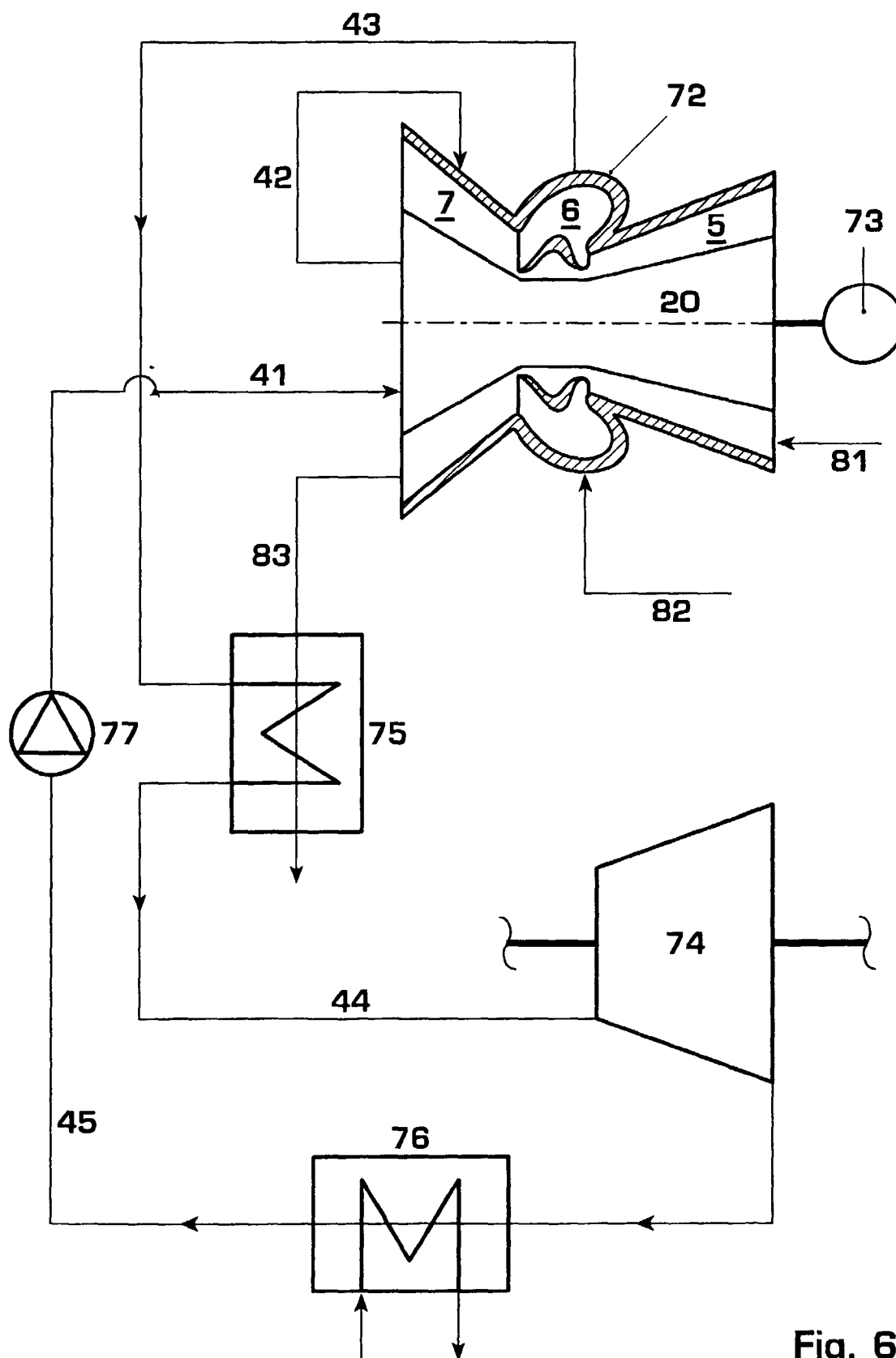


Fig. 6



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 81 1267

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US 4 260 336 A (JOHNSON BRUCE V) 7. April 1981 * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,4,5 * * Spalte 1, Zeile 57 - Spalte 2, Zeile 3 * * Spalte 4, Zeile 38 - Zeile 48 * * Anspruch 2 * -----	1,5,6, 12,16	F01D5/08 F01D5/18
A	US 3 902 819 A (HOLCHENDLER JACOB ET AL) 2. September 1975 * das ganze Dokument * -----	1-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>14. Mai 1999</b>	Prüfer <b>Raspo, F</b>
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p> <p>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 &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 1267

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-05-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4260336	A	07-04-1981	KEINE		
US 3902819	A	02-09-1975	CA	1005346 A	15-02-1977
			DE	2426924 A	02-01-1975
			FR	2231846 A	27-12-1974
			GB	1468595 A	30-03-1977
			JP	50048310 A	30-04-1975
			SE	390324 B	13-12-1976
			SE	7407007 A	05-12-1974

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82