



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.06.2000 Patentblatt 2000/23

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

(21) Anmeldenummer: **98811183.7**

(22) Anmeldetag: **30.11.1998**

(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

(72) Erfinder:
• **Keller, Jakob, Prof. Dr.
5610 Wohlen (CH)**
• **Krautzig, Joachim, Dr.
8967 Widen (CH)**

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

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine**

(57) Beschrieben wird Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß, der mit einer Rotorwelle verbunden ist und um eine Rotationsachse rotiert. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß im Bereich des Schaufelfusses ein, den Schaufelfuß durchsetzender Hohlkanal mit einer Ein- und einer Auslaßöffnung vorgesehen ist, dessen Ein- und Auslaßöffnung unterschiedliche Abstände zur Rotationsachse aufweisen und auf der gleichen Seite des Schaufelfusses angeordnet sind.

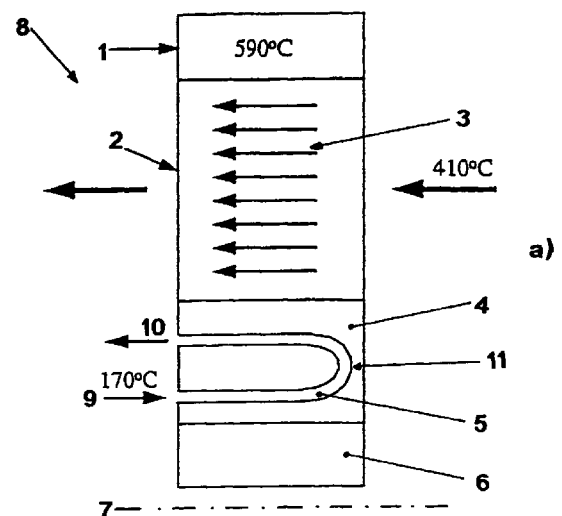


Fig. 1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung sowie Verfahren zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Beim Betrieb von Gasturbinenanlagen wird ein besonderes Augenmerk auf die Kühlung von thermisch stark belasteten Anlagenkomponenten gelegt, da durch Maßnahmen zur Optimierung der thermischen Belastbarkeit derartiger Komponenten der Wirkungsgrad der gesamten Gasturbinenanlage erheblich gesteigert werden kann. Neben den unmittelbar mit der Brennkammer verbundenen Gehäuseteilen sind insbesondere die mit den Heißgasen direkt beaufschlagten Turbinenschaufeln innerhalb des Turbinenteils sehr stark thermisch belastet, so daß insbesondere die Turbinenlaufschaufeln, die hintereinander in Laufschaufelreihen angeordnet sind, mit geeigneten Kühlmaßnahmen zu kühlen sind.

[0003] Beispielsweise können die in den in Strömungsrichtung vorderen Laufschaufelreihen angeordneten Laufschaufeln unmittelbar mit Kühlluft gezielt wirkungsvoll beaufschlagt werden, die von der letzten Verdichterstufe der Gasturbinenanlage abgezweigt wird. Hierdurch ist es zwar möglich, die in den vorderen Laufschaufelreihen angeordneten Laufschaufeln effektiv zu kühlen, doch nimmt die Kühlwirkung für die dahinterliegenden Laufschaufelreihen rasch bis zur Wirkungslosigkeit der Kühlwirkung ab, da das Kühlmedium auf dem Weg zu den weiter hinten liegenden Laufschaufelreihen thermisch verbraucht wird.

[0004] Für die in aller Regel aus drei bis fünf hintereinander angeordneten Laufschaufelreihen bestehenden Turbineneinheiten gilt es insbesondere, eine Kühleinrichtung zu schaffen, die die vorletzte und letzte Turbinenlaufschaufelreihe zu kühlen vermag.

[0005] Eine bekannte Kühlvorkehrung der einzelnen Laufschaufelreihen im Bereich der Laufschaufelfüße der hintereinander angeordneten Laufschaufeln betrifft sieht Kühlkanäle vor, die axial zur Rotationsachse die einzelnen Laufschaufelfüße durchsetzen. Durch derartige Kühlkanäle wird in an sich bekannter Weise Kühlluft von der vordersten Laufschaufelreihe in Richtung der nachgeordneten Laufschaufelreihen getrieben, durch die die Laufschaufelfüße gekühlt werden.

[0006] Dabei weisen die die Laufschaufelfüße durchsetzenden Kühlkanäle innerhalb eines Schaufelfußes jeweils einen Querschnitt mit vergrößertem Volumen auf gegenüber den Übergangsquerschnitten, über die der Kühlkanal mit zwei benachbarten Laufschaufel-

füssen verbunden ist. Hierdurch kann die Kühlleistung optimiert werden.

[0007] Dieses an sich bekannte Kühlsystem weist jedoch zum einen den Nachteil auf, daß hierzu ein erheblicher Anteil der durch die Verdichterstufe verdichtete Luft zu Kühlzwecken abgezweigt werden muß, die ihrerseits wiederum nicht dem Verbrennungsprozeß zugeführt werden kann, wodurch der Wirkungsgrad vermindert wird, zum anderen erfährt die Kühlluft auf dem Weg durch den Kühlpfad eine deutliche Erwärmung, die dazu führt, daß die Kühlwirkung zumindest im Bereich der letzten Laufschaufelreihe stark reduziert ist.

Darstellung der Erfindung

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und insbesondere zur Kühlung von Laufschaufeln, die vorzugsweise in der letzten Laufschaufelreihe in einem Turbinenteil angeordnet sind, derart anzugeben, daß zusätzlich zu den bekannten Kühlsystemen Kühlmaßnahmen getroffen werden sollen, die die Laufschaufel innerhalb der letzten Laufschaufelreihe effektiv zu kühlen vermögen. Die zu treffenden Maßnahmen sollen insbesondere keinen großen technischen Konstruktionsaufwand erfordern und überdies nachträglich an bereits im Einsatz befindliche Laufschaufelreihen hinzugefügt werden können. Schließlich sollen die Maßnahmen keine Kühlluft erfordern, die von der Verdichterstufe zum Betrieb der Gasturbinenanlage abgezweigt werden muß, so daß der Gesamtwirkungsgrad der Gasturbinenanlage unbeeinflusst bleiben soll.

[0009] Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 sowie 8 angegeben. Den erfindungsgemäßen Gedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Erfindungsgemäß ist eine Vorrichtung zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß, der mit einer Rotorwelle verbunden ist und um eine Rotationsachse rotiert, derart weitergebildet, daß im Bereich des Schaufelfusses ein, den Schaufelfuß durchsetzender Hohlkanal mit einer Ein- und einer Auslaßöffnung vorgesehen ist, dessen Ein- und Auslaßöffnung unterschiedliche Abstände zur Rotationsachse aufweisen und auf der gleichen Seite des Schaufelfusses angeordnet sind.

[0011] Die erfindungsgemäße Vorrichtung, die sich auf ein gezieltes Einbringen eines Hohlkanals in den Schaufelfuß der Laufschaufeln in der letzten Reihe des Turbinenteils beschränkt, bedient sich der Kühlluft, die sich an der Rückseite des Turbinenteils befindet. Die in diesem Bereich befindliche Kühlluft weist typischerweise Temperaturen von unter 200°C auf und umgibt

die Rückseite der letzten Turbinenlaufschaufelreihe unter normalen Druckbedingungen von etwa 1 bar.

[0012] Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des im Inneren des Schaufelfusses verlaufenden Hohlkanals, der durch die unterschiedlich beabstandete Anordnung von Einlaß- und Auslaßöffnung relativ zur Rotationsachse eine zumindest teilweise radiale Erstreckung aufweist, übt aufgrund der Rotation auf die im Hohlkanal befindliche Kühlluft eine Zentrifugalkraft aus, die zu einer Kompression führt, so daß Kühlluft durch die Auslaßöffnung, die einen größeren Abstand zur Rotationsachse aufweist, als die Einlaßöffnung, hindurchgetrieben wird. Aufgrund der sich innerhalb des Hohlkanals ausbildenden Kompressionswirkung wird eine Kühlluftströmung innerhalb des Hohlkanals generiert, durch die der Schaufelfuß von der auf der Rückseite des Schaufelfusses angrenzenden Kühlluft effektiv gekühlt wird.

[0013] Besonders bevorzugt ist ein Hohlkanal, dessen Verlauf innerhalb des Schaufelfusses U-förmig ausgebildet ist, wobei beide U-Schenkel weitgehend parallel zur Rotationsachse verlaufen und der Zwischensteg des U-förmigen Abschnittes radial zur Rotationsachse verläuft. Die in dem radial verlaufenden Zwischensteg befindliche Kühlluft wird aufgrund der Drehbewegung im Wege der auf die Kühlluft einwirkende Zentrifugalkraft komprimiert, so daß die Kühlluft unentwegt durch den U-förmig ausgebildeten Hohlkanal innerhalb des Schaufelfusses regelrecht gepumpt wird.

[0014] Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Maßnahme können auch nachträglich bei bereits in Betrieb befindlichen Laufschaufeln Hohlkanäle in der vorbeschriebenen Form eingebracht werden. Somit ist es möglich, ohne großen konstruktiven technischen Zusatzaufwand die nur sehr schlecht gekühlten Laufschaufeln in hinterster Reihe einer Turbineneinheit effektiv zu kühlen, so daß auch diese Laufschaufel einem höheren Temperaturniveau widerstehen können.

[0015] Um die Kühlleistung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu steigern, sind an den Ein- und Auslaßöffnungen entsprechende Flächenelemente angebracht, durch die eine gezielte Lufteinschleusung in die Einlaßöffnung sowie ein ungestörter Luftaustritt durch die Auslaßöffnung gewährleistet ist. Derartige Flächenelemente sind vorzugsweise in Rotationsrichtung seitlich an den Schaufelfuß unmittelbar vor der Auslaßöffnung sowie in Rotationsrichtung unmittelbar nach der Auslaßöffnung vorzusehen.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kühlung der vorstehend beschriebenen Laufschaufeln basiert auf der gezielten Nutzung der Kompressionswirkung, die sich im Inneren des Laufschaufelfusses im Wege der Rotationen der dadurch entstehenden Zentrifugalkraft, die auf die im Hohlkanal befindliche Kühlluft einwirkt, ausbildet.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0017] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch. Es zeigen:

Fig. 1a, b schematisierte Querschnittsdarstellungen durch einen Teil eines Schaufelfusses einer Laufschaufel, sowie

Fig. 2a, b Querschnitts- und Seitenansichtsdarstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Schaufelfusses.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0018] In den Fig. 1a und b ist ein stark schematisierter Teilquerschnitt durch den unteren Bereich einer Laufschaufel 1 dargestellt. Unmittelbar unterhalb der Laufschaufel 1 grenzt der Laufschaufelschaft 2 an, in dem in an sich bekannter Weise ein Kühlkanalsystem 3 eingearbeitet ist, durch das die Hauptkühlluft mit etwa einer Temperatur von 410°C getrieben wird. Die Hauptkühlluft entstammt turbineneingangsseitig aus der Vorverdichterstufe und erwärmt sich auf dem Wege durch die hintereinander geschalteten Laufschaufelfüsse erheblich, wodurch die Kühlleistung innerhalb der letzten Laufschaufelreihe am geringsten ist. Unmittelbar unterhalb des Laufschaufelschaftes 2 grenzt der Laufschaufelfuß 4 an, in dem erfindungsgemäß ein Hohlkanal 5 eingearbeitet ist. Der Laufschaufelfuß 4 mündet unmittelbar in den Rotor 6, der um eine Drehachse 7 rotiert.

[0019] Die in Fig. 1a und b dargestellte Laufschaufel ist in der letzten Laufschaufelreihe der Turbineneinheit angeordnet und steht mit ihrer Rückseite 8 der Austrittsumgebungsluft der Turbineneinheit, die im dargestellten Fall 170°C aufweist, gegenüber.

[0020] Der in Fig. 1a U-förmig ausgebildete Hohlkanal 5 weist eine Ein- 9 und Auslaßöffnung 10 auf die jeweils an der Rückseite der Laufschaufel 8 angebracht sind. Wesentlich ist, daß eine der beiden Öffnungen einen größeren Abstand zur Rotationsachse 7 aufweist als die andere. Aufgrund der Rotation der Laufschaufel um die Rotationsachse 7 entstehen innerhalb des Hohlkanals Zentrifugalkräfte, die die Kühlluft vornehmlich im radial verlaufenden Zwischensteg 11 des U-förmig ausgebildeten Hohlkanals 5 zu komprimieren vermag und hierdurch eine Strömung der Kühlluft innerhalb des Hohlkanals generiert. Hierdurch strömt die Kühlluft aus der Auslaßöffnung 10 aus und durch die Einlaßöffnung 9 in das Innere des Hohlkanals 5 ein.

[0021] Durch diese sich im Wege der Kompressionswirkung im Inneren des Hohlkanals 5 ausbildende Strömung wird eine effektive Kühlung des Schaufelfusses 4 erzielt, zumal die in den Hohlkanal 5 eintretende

Kühlluft auf einem erheblich niedrigeren Temperaturniveau ist, als der Bereich der Laufschaufel 1.

[0022] In Fig. 1b ist die gleiche Laufschaufelanordnung dargestellt, wie gemäß Fig. 1a, lediglich ist eine weitere alternative Ausführungsform des Hohlkanals 5 gezeigt, der in diesem Fall V-förmig ausgebildet ist, wodurch ebenfalls eine Kompressionswirkung auf die im Hohlkanal 5 befindliche Kühlluft bewirkt wird.

[0023] Versuche haben den Erfolg des erfindungsgemäßen Kühlkanalsystems bestätigt. So konnte gezeigt werden, daß mit einem Durchmesser des Hohlkanals 5 von etwa 7 mm und einer Länge von etwa 250 mm die Kühlwirkung des erfindungsgemäßen Kühlsystems bei Strömungsgeschwindigkeiten durch den Hohlkanal 5 von > 30 m pro Sekunde jegliche die Kühlwirkung herkömmlicher Kühlmaßnahmen zu übertreffen vermag.

[0024] Die Kühlwirkung durch den erfindungsgemäßen Hohlkanal innerhalb des Schaufelfusses verbessert sich weitgehend linear mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums respektive der Kühlluft durch den Hohlkanal 5. Um die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Hohlkanals zu verbessern, sind in Fig. 2a und b eine Querschnittsdarstellung sowie eine Seitendarstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Laufschaufelfusses dargestellt. Hierbei sind Flächenelemente 12, 13 unmittelbar neben der Einlaß- und Auslaßöffnung 9, 10 angebracht.

[0025] In Fig. 2a ist die Rotationsrichtung des Laufschaufelfusses um eine gedachte Rotationsachse mit dem eingetragenen Pfeil dargestellt. Für eine optimierte Einschleusung von Kühlluft durch die Einlaßöffnung 9 ist das Flächenelement 12 in Rotationsrichtung der Einlaßöffnung 9 unmittelbar nachgeordnet. Um den Austritt der Kühlluft aus dem Hohlkanal 5 durch die Auslaßöffnung 10 weitgehend ohne großen Strömungswiderstand zu gewährleisten, ist ein Flächenelement 13 in Strömungsrichtung unmittelbar vor der Auslaßöffnung 10 angebracht. Auf diese Weise kann die Kühlluftströmung durch den Hohlkanal 5 optimiert werden.

[0026] Der in Fig. 2a eingetragene Durchgangskanal 14 stellt eine konventionelle Kühlmaßnahme dar, wie sie im vorstehenden Teil beschrieben ist.

[0027] In Fig. 2b ist eine Seitendarstellung des unteren Teil des Laufschaufelfusses dargestellt, in dem der V-förmig ausgebildete Hohlkanal 5 eingetragen ist. Der Laufschaufelfuß 4 weist in an sich bekannter Weise eine Tannenbaumstruktur auf, die einen exakten Halt innerhalb des Rotors bietet.

[0028] Besondere Vorteile des erfindungsgemäßen Kühlsystems sind:

- Keine Modifikationen am Rotor selbst.
- Das Kühlsystem kann ohne großen technischen Aufwand bei bereits im Einsatz befindlichen Laufschaufeln nachgerüstet werden. - Mit dem Kühlsystem sind keine thermodynamischen Nachteile verbunden, zumal die Kühlluft einen niedrigen

Druck aufweist.

- Mit dem erfindungsgemäßen Kühlsystem sind keine bzw. vernachlässigbare energetischen Einbußen verbunden, die den Wirkungsgrad der gesamten Gasturbinenanlage nachträglich zu beeinflussen vermögen.

Bezugszeichenliste

[0029]

1	Laufschaufel
2	Laufschaufelschaft
3	Kühlsystem
4	Laufschaufelfuß
5	Hohlkanal
6	Rotor
7	Rotationsachse
8	Rückseite der Laufschaufel
9	Einlaßöffnung
10	Auslaßöffnung
11	radial verlaufender Abschnitt des Hohlkanals
12, 13	Flächenelement
14	konventioneller Kühlkanal

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (4), der mit einer Rotorwelle (6) verbunden ist und um eine Rotationsachse (7) rotiert, dadurch **gekennzeichnet**, daß im Bereich des Schaufelfusses (4) ein, den Schaufelfuß (4) durchsetzender Hohlkanal (5) mit einer Ein- (9) und einer Auslaßöffnung (10) vorgesehen ist, dessen Ein- (9) und Auslaßöffnung (10) unterschiedliche Abstände zur Rotationsachse (7) aufweisen und auf der gleichen Seite des Schaufelfusses (4) angeordnet sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Seite des Schaufelfusses (4), an der die Ein- (9) und Auslaßöffnung (10) vorgesehen sind an einem Ende des Rotors (6) angebracht ist, an dem die Ein- (9) und Auslaßöffnung (10) mit kühler Umgebungsluft, die vorzugsweise unter Normaldruckbedingungen von ca. 1 bar steht, versorgbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Hohlkanal (5) zwei Kanalabschnitte aufweist, die parallel oder schräg zur Rotationsachse verlaufen und über einen Verbindungsabschnitt miteinander verbunden sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß seitlich an der Ein- (9) und Auslaßöffnung (10) am Schaufelfuß (4) Flächenele-

mente (12, 13) angebracht sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß in Rotationsrichtung unmittelbar vor der Auslaßöffnung (10) sowie in Rotationsrichtung unmittelbar nach der Einlaßöffnung (9) jeweils ein Flächenelement (12, 13) angebracht ist. 5
6. Verwendung der Kühlvorrichtung zur Kühlung von Laufschaufeln in einer in Strömungsrichtung zuletzt angeordneten Laufschaufelreihe einer Gasturbine, deren der Gasturbine abgewandte Seite mit Kühlluft zumindest im Bereich der Schaufelfüße umspült wird, die vorzugsweise unter Normaldruckbedingungen steht. 10
15
7. Verwendung der Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Laufschaufelreihe die letzte Stufe einer Turbinenanordnung ist. 20
8. Verfahren zur Kühlung einer Laufschaufel innerhalb einer Wärmekraftmaschine, vorzugsweise einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (4), der mit einer Rotorwelle (6) verbunden ist und um eine Rotationsachse (7) rotiert, dadurch **gekennzeichnet**, daß innerhalb eines Hohlkanals (5), der den Schaufelfuß (4) der Laufschaufel durchsetzt und zumindest teilweise eine radiale Erstreckung relativ zur Rotationsachse (7) aufweist und in den über eine Einlaßöffnung (9) Kühlluft einbringbar ist, die Kühlluft vermittels der durch die Rotation erzeugte Zentrifugalkraft innerhalb des Hohlkanals (5) komprimiert wird, die über eine Auslaßöffnung (10), die einen größeren Abstand zur Rotationsachse (7) aufweist als die Einlaßöffnung (9), aus dem Schaufelfuß entweicht. 25
30
35

40

45

50

55

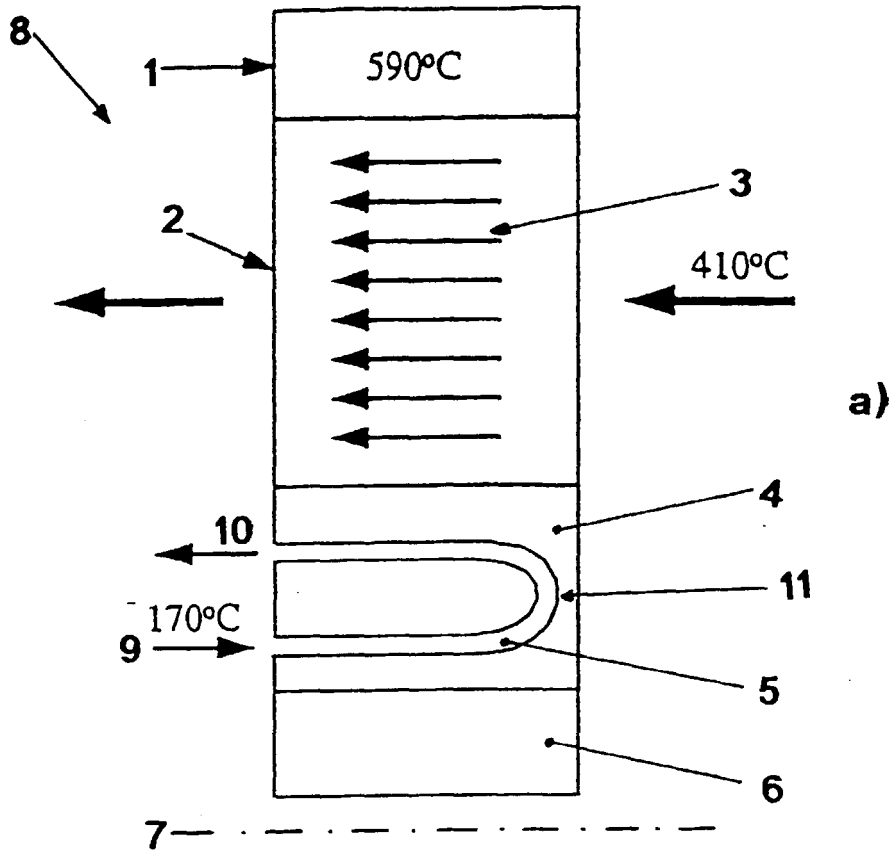
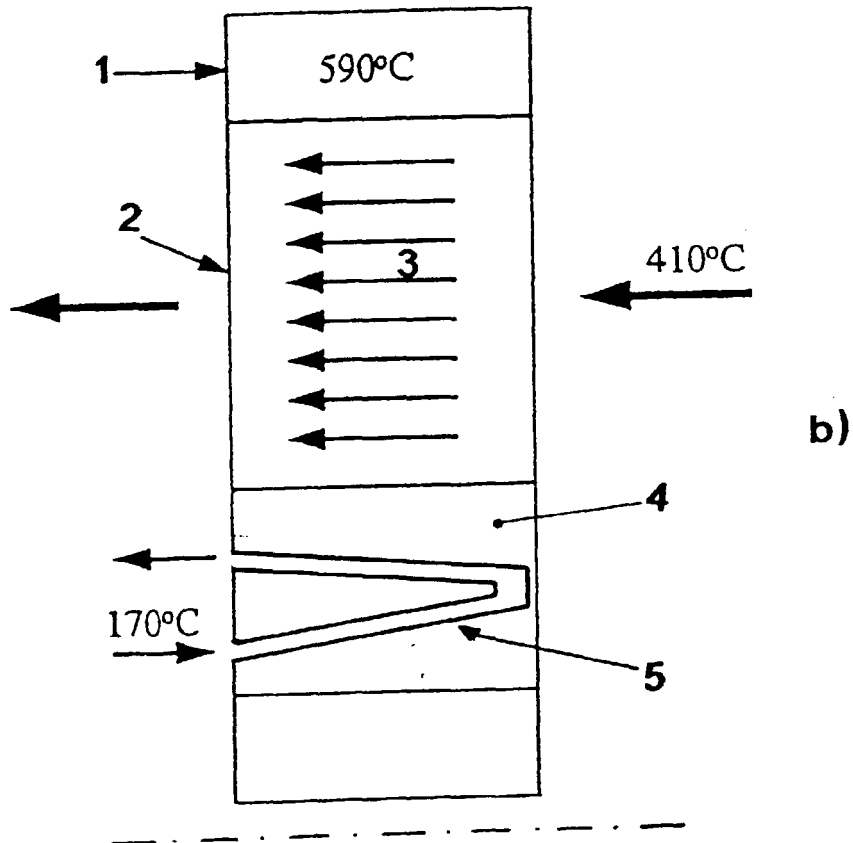


Fig. 1



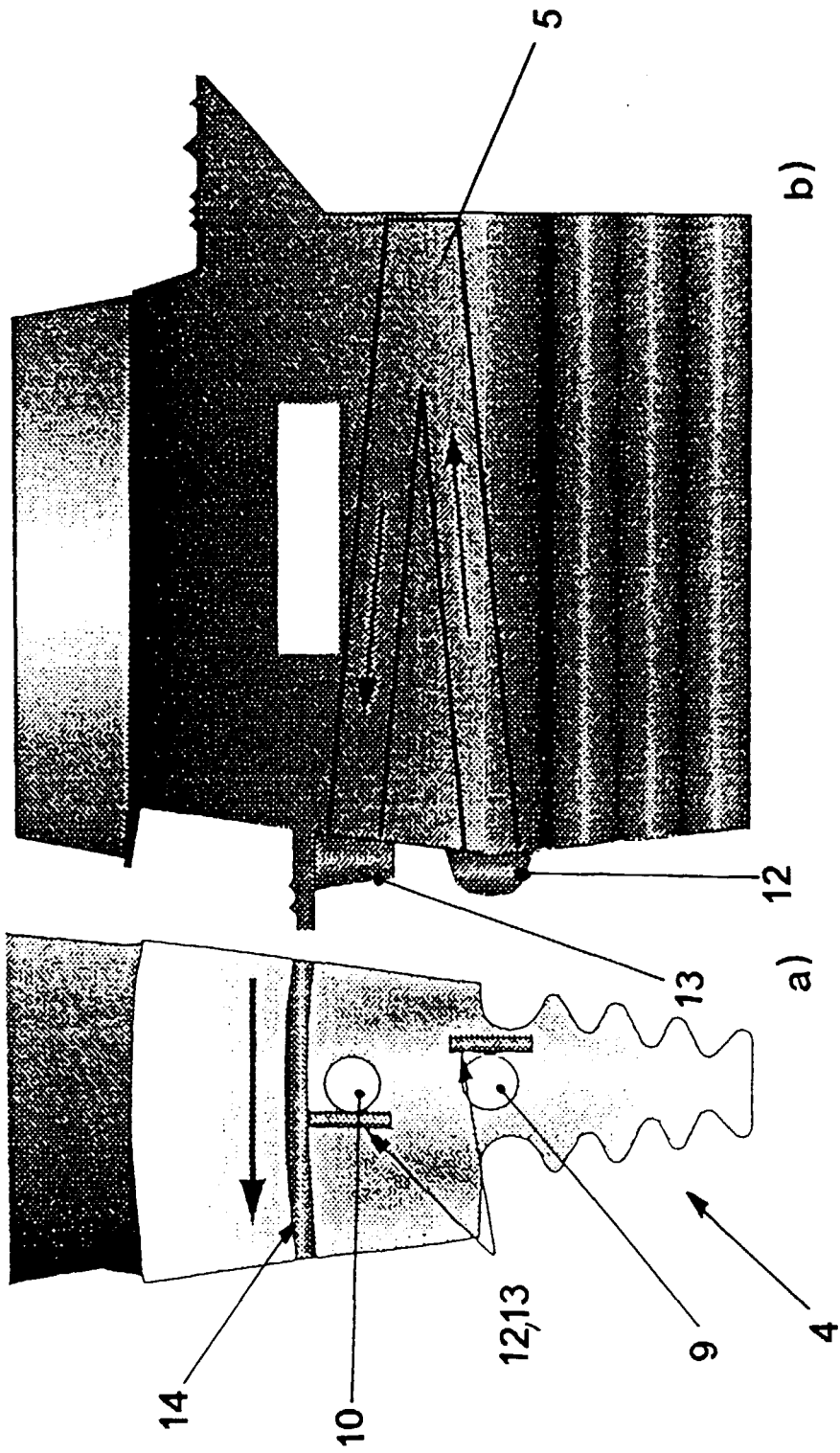


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 1183

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 3 697 191 A (HEYMANN FRANK J) 10. Oktober 1972 * Abbildungen 2,8 * ---	1	F01D5/18 F01D5/08
A	US 3 720 045 A (MURPHY J) 13. März 1973 * Abbildung 2 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	23. April 1999	Raspo, F	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 98 81 1183

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.

23-04-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3697191 A	10-10-1972	KEINE	
US 3720045 A	13-03-1973	KEINE	

EPO FORM P0461

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