



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.03.2009 Patentblatt 2009/10

(51) Int Cl.:
F01D 5/08 (2006.01) F01D 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07016848.9**

(22) Anmeldetag: **28.08.2007**

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(72) Erfinder:
• **Walkenhorst, Jan, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **de Lazzer, Armin, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

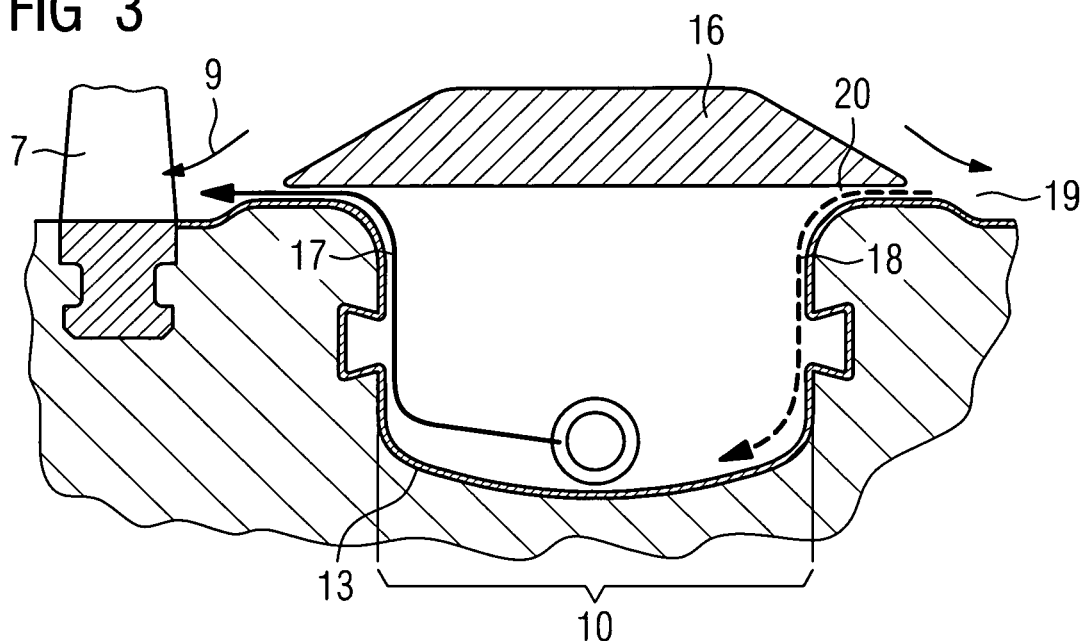
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Dampfturbinenwelle mit Wärmedämmschicht**

(57) Die Erfindung betrifft eine Welle (5) für eine Dampfturbine (1), die einen mit Kühldampf beaufschlagten Kühldampfabschnitt (10) aufweist, der im Betrieb lediglich mit dem Kühldampf bestrahlt wird und bei einer

Störung der Kühldampzufuhr der Frischdampf in den Kühldampfabschnitt (10) einströmen kann und zur Vermeidung einer Überhitzung dieses Kühldampfabschnitts (10) dieser mit einer Wärmedämmschicht (13) versehen ist.

FIG 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Welle für eine Dampfturbine, wobei die Welle einen Kühldampfabschnitt aufweist, der zum Beströmen mit einem Kühldampf ausgebildet ist.

[0002] Dampfturbinen werden mit Frischdampfeintrittstemperaturen von bis zu 620°C eingesetzt. Es sind derzeit Bestrebungen da, die Dampfeintrittstemperatur auf 700°C zu erhöhen. Solch hohe Dampfeintrittstemperaturen erfordern geeignete Kühlungsmöglichkeiten für thermisch beanspruchte Bereiche in der Dampfturbine.

[0003] Eines der am höchsten thermisch beanspruchten Bereiche in einer Dampfturbine ist die Welle. Insbesondere ist der Dampfeintrittsbereich des Frischdampfs besonders thermisch belastet, da der Frischdampf an dieser Stelle auf die Welle direkt auftrifft. Die Wellen werden daher entweder mit einer geeigneten Wärmedämmschicht auf diesem Frischdampfabschnitt, der zum Beströmen mit Frischdampf ausgebildet ist, gefertigt. Alternativ dazu können geeignete Materialien verwendet werden, die den hohen Temperaturen ausgesetzt werden können. Allerdings sind solche Materialien vergleichsweise teuer.

[0004] Eine weitere Möglichkeit, eine Dampfturbinenwelle generell zu kühlen, besteht darin, dass entlang der Oberfläche der Dampfturbinenwelle ein Kühlmedium entlang geführt wird. Durch das vergleichsweise kältere Kühlmedium im Vergleich zum heißen Frischdampf wird die Oberfläche an einzelnen Abschnitten der Welle durch konvektive Strömung des Kühldampfes gekühlt. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass solche Kühldampfsysteme während des Betriebs versagen, was dazu führen könnte, dass bei Wegfall des Kühlmediums stattdessen der heiße Frischdampf auf den zu kühlenden Abschnitt auftrifft, was dazu führt, dass dieser Abschnitt zu sehr thermisch beansprucht wird und dadurch beschädigt werden könnte.

[0005] Wünschenswert wäre es eine Möglichkeit zu haben, bei der ein plötzlicher Ausfall des Kühldampfs nicht zu einer unmittelbaren Beschädigung der Welle führt.

[0006] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Welle anzugeben, bei der ein Versagen der Kühlmediumzuführung die Gefahr einer Beschädigung der Welle verringert.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Welle für eine Dampfturbine, wobei die Welle einen Kühldampfabschnitt aufweist, der zum Beströmen mit einem Kühldampf ausgebildet ist, wobei der Kühldampfabschnitt mit einer Wärmedämmschicht ausgebildet ist.

[0008] Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, dass es bisher notwendig erschien, lediglich die Bereiche der Welle mit einer Wärmedämmschicht auszubilden, die unmittelbar mit dem heißen Frischdampf in Berührung kommen bzw. die Bereiche einer Welle mit einer Wärmedämmschicht auszubilden, die thermisch beansprucht sind. Die Erfindung löst sich nun von diesem Ge-

danken und schlägt vor, an Bereichen der Turbinenwelle, die zunächst nur mit Kühlmedium beaufschlagt werden und dadurch nicht unbedingt eine Wärmedämmschicht an dieser Stelle erforderlich ist, dennoch mit einer Wärmedämmschicht auszubilden. Bei einem Ausfall des Kühlmediums kann es sein, dass der Frischdampf in den Kühldampfabschnitt strömt, wodurch dieser Kühldampfabschnitt thermisch zu sehr belastet wird.

[0009] Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, auch diesen Kühldampfabschnitt mit einer Wärmedämmschicht auszubilden. Somit wird eine Kombination einer Wärmedämmschicht mit einer aktiven Kühlung mittels eines Kühlmediums vorgeschlagen. Der Vorteil ist u. a. darin zu sehen, dass dadurch eine Reduktion der thermischen Gradienten in einem transienten Betriebszustand erreicht wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Welle vor einer thermischen Überbelastung bei einem kurzzeitigen Ausfall des Kühlmediums geschützt wird. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass mit der Auskleidung mit einer Wärmedämmschicht auch Kühlmedien verwendet werden können, die beispielsweise einen Dampfzustand aufweisen, die ohne Wärmedämmschicht nicht als Kühlmedium verwendet werden könnten.

[0010] Somit kann ein kälterer Kühldampf eingesetzt werden, ohne dass zulässige Beanspruchungen überschritten werden.

[0011] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die Welle als einflutige oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Hochdruck-Teilturbine ausgebildet. Gerade in Hochdruck-Teilturbinen wird ein Dampf mit einer hohen Eintrittstemperatur als Frischdampf verwendet. Daher mussten für die Hochdruck-Teilturbinen geeignete Kühlungsmöglichkeiten gefunden werden, was erfindungsgemäß mit der Wärmedämmschicht erreicht wird.

[0012] Vorteilhafterweise wird die Welle als eine ein- oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Mitteldruck-Teilturbine ausgebildet. Es werden ebenso Mitteldruck-Teilturbinen mit Frischdampftemperaturen beströmt, die den Temperaturen des Frischdampfes bei Hochdruck-Teilturbinen entspricht. Daher müssten ebenso Mitteldruck-Teilturbinen geeignet gekühlt werden bzw. vor einer Überhitzung geschützt werden, was erfindungsgemäß mit der Wärmedämmschicht erreicht wird.

[0013] Die Wärmedämmschicht umfasst eine aufgespritzte oder durch PVD-Verfahren aufgetragene keramische Schicht, die in Form einer Mehrlagen-Beschichtung aufgebracht ist.

Auf die Dampfturbinenkomponente wird zunächst eine so genannte Haftvermittlerschicht (bond coating) aufgebracht. Eine bekannte Haftvermittlerschicht wäre beispielsweise MCrAlY (-20Cr-12Al) oder Aluminiumlegierungen.

Auf die Haftvermittlerschicht wird eine so genannte Oxidationsschicht aufgebracht, die zum Beispiel aus Al_2O_3 besteht. Des Weiteren wird auf die Oxidationsschicht die Wärmedämmschicht aufgebracht, die eine thermische Isolation bewirkt.

[0014] Als Wärmedämmschicht können beispielsweise yttriumstabilisierte Zirkonoxid-Schichten verwendet werden. Zudem weist die Wärmedämmschicht einen spezifischen Wärmedurchgang von weniger als zwei

$$\text{Watt pro Meter und Kelvin} \left(< 2 \frac{W}{mK} \right).$$

[0015] Die Wärmedämmschicht kann ein- oder mehrlagig aufgebaut sein und eine Oxidkeramik umfassen.

[0016] Alternativ dazu kann die Wärmedämmschicht mit mindestens 50 Massenprozent aus einem Oxid eines oder mehrerer Elemente der 3. Haupt- und Nebengruppe (beispielsweise Borgruppe, Elemente 5, 13, 21, 31, 39, 49, 57, 81, 89) oder der 4. Haupt- und Nebengruppe (Kohlenstoffgruppe, Elemente 6, 14, 22, 32, 40, 50, 72, 82, 104) ausgebildet sein. Insbesondere ist eine Wärmedämmschicht aus yttriumstabilisiertem Zirkonoxid ($ZrO_2 + (x\%)Y_2O_3$) mit einem Zirkonoxidanteil zwischen 0% und 15%.

[0017] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei Komponenten mit ähnlicher Wirkungsweise mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

Es zeigen:

[0018]

Figur 1 eine Querschnittsansicht einer Hochdruck-Teilturbine,

Figur 2 eine Querschnittsansicht eines Teiles einer zweiflutigen Mitteldruck-Teilturbine,

Figur 3 eine Querschnittsansicht eines Teiles einer Dampfturbine.

[0019] Die Figur 1 zeigt eine Dampfturbine, die als Hochdruck-Teilturbine ausgebildet ist. Die Dampfturbine 1 weist ein Außengehäuse 2 und ein Innengehäuse 3 auf sowie einen um eine Rotationsachse 4 drehbar gelagerte Welle 5 auf. Die Welle 5 weist verschiedene Laufschaufeln 7 auf, wobei in der Figur 1 lediglich drei Laufschaufeln mit dem Bezugszeichen 7 versehen sind. Das Innengehäuse 3 umfasst mehrere Leitschaufeln 6, wobei in der Figur 1 lediglich drei Leitschaufeln mit dem Bezugszeichen 6 versehen sind. Im Betrieb strömt ein Frischdampf in den Einströmbereich 8 und strömt in einer Strömungsrichtung 9. Die thermische Energie des Frischdampfs wird dabei in Rotationsenergie der Welle 5 umgewandelt. Im Bereich des Einströmbereichs 8 ist eine Diagonalstufe 11 ausgebildet, die zum einen den Frischdampf direkt vom Einströmbereich 8 in den Strömungskanal 19 leitet und andererseits einen Kühldampfabschnitt 10, der zum Bestromen mit einem Kühldampf ausgebildet ist, trennt. Die Möglichkeit der Bestromung des Kühldampfabschnitts 10 ist in der Figur 1 nicht näher

dargestellt. Es ist denkbar, dass der Kühldampf über eine externe Leitung in den Kühldampfabschnitt 10 geführt bzw. geleitet wird. Im Betrieb wird der Bereich 12 thermisch stark belastet. Durch die Bestromung mit Kühldampf in den Kühldampfabschnitt 10 ist allerdings eine Überhitzung wirksam vermieden. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass die Kühldampzuführung wegen einer Störung nicht erfolgt, was dann zu einer Überhitzung führen könnte. Die Welle weist daher eine Wärmedämmschicht 13 im Kühldampfabschnitt 10 auf.

[0020] Die Figur 2 zeigt eine zweiflutige Mitteldruck-Teilturbine 14. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich eine Laufschaufel mit dem Bezugszeichen 7 und eine Leitschaufel mit dem Bezugszeichen 6 versehen. Der Einströmbereich 8 ist derart, dass der Frischdampf in einen Strömungskanal in die rechte Richtung abgelenkt wird und ein Frischdampfbereich in die linke Richtung abgelenkt wird. Im die Welle 5 vor einer Überhitzung bei einem Ausfall des Kühlmediums zu schützen, ist im Kühldampfabschnitt 10 eine Wärmedämmschicht 13 ausgebildet. Dadurch wird die Welle vor Überhitzung geschützt, wenn Frischdampf im Bereich 15 in den Kühldampfabschnitt 10 eindringt.

[0021] Die Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Dampfturbine. Der Kühldampfabschnitt 10 ist unterhalb einer Ableiteinrichtung 16 angeordnet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich eine Laufschaufel mit dem Bezugszeichen 7 dargestellt. Ein Frischdampf strömt in der Strömungsrichtung 9 an der Laufschaufel 7 vorbei und des Weiteren strömt ein Kühlmedium 17 entlang des Kühldampfabschnitts 10. Die gestrichelte Linie 18 zeigt den Zustand, wenn die Kühlmediumzufuhr wegen einer Störung unterbrochen ist. In diesem Fall kann Frischdampf aus dem Strömungskanal 19 über einen Spalt 20 in den Kühldampfabschnitt 10 eindringen. Zur Vermeidung einer Überhitzung dieses Abschnitts 10 wird dieser mit der Wärmedämmschicht 13 ausgekleidet.

[0022] Als Wärmedämmschicht wird yttriumstabilisiertes Zirkonoxid ($ZrO_2 + (x\%)Y_2O_3$) mit einem Zirkonoxidanteil zwischen 0% und 15% verwendet.

Patentansprüche

1. Welle (5) für eine Dampfturbine (1), wobei die Welle einen Kühldampfabschnitt (10) aufweist, der zum Bestromen mit einem Kühldampf ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühldampfabschnitt (10) mit einer Wärmedämmschicht (13) ausgebildet ist.
2. Welle (5) nach Anspruch 1, wobei die Welle als einflutige oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Hochdruck-Teilturbine ausgebildet ist.
3. Welle (5) nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Welle als einflutige oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Mitteldruck-Teilturbine ausgebildet ist.

4. Welle (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wärmedämmschicht aus einem yttrium-stabilisierten Zirkonoxid gebildet ist.

10

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Dampfturbine (1) umfassend eine Welle (5) und eine Ableiteinrichtung (16), wobei die Welle einen Kühldampfabschnitt (10) aufweist, der zum Bestromen mit einem Kühldampf ausgebildet ist, wobei der Kühldampfabschnitt (10) unterhalb der Ableiteinrichtung (16) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühldampfabschnitt (10) mit einer Wärmedämmschicht (13) ausgebildet ist.

25

2. Dampfturbine (1) nach Anspruch 1, wobei die Welle als einflutige oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Hochdruck-Teilturbine ausgebildet ist.

30

3. Dampfturbine (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Welle als einflutige oder zweiflutige Welle zum Einsatz in einer Mitteldruck-Teilturbine ausgebildet ist.

35

4. Dampfturbine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wärmedämmschicht aus einem yttrium-stabilisierten Zirkonoxid gebildet ist.

40

45

50

55

FIG 1

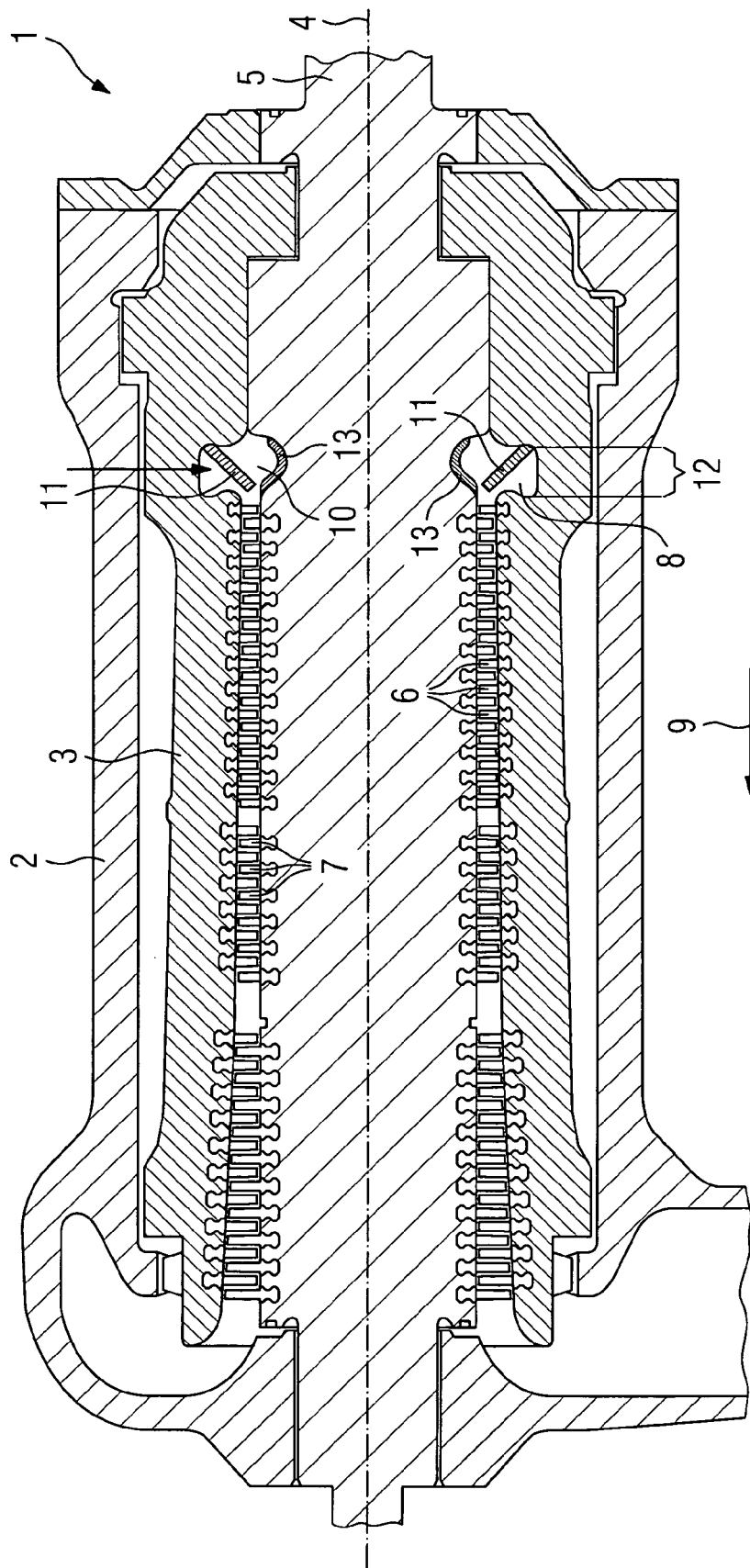


FIG 2

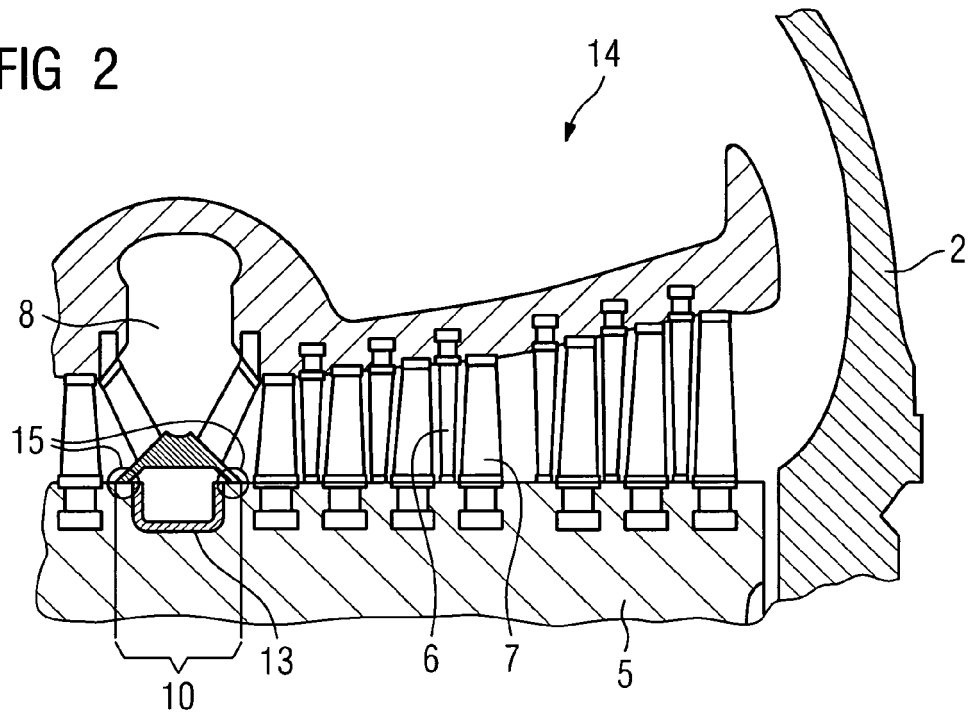
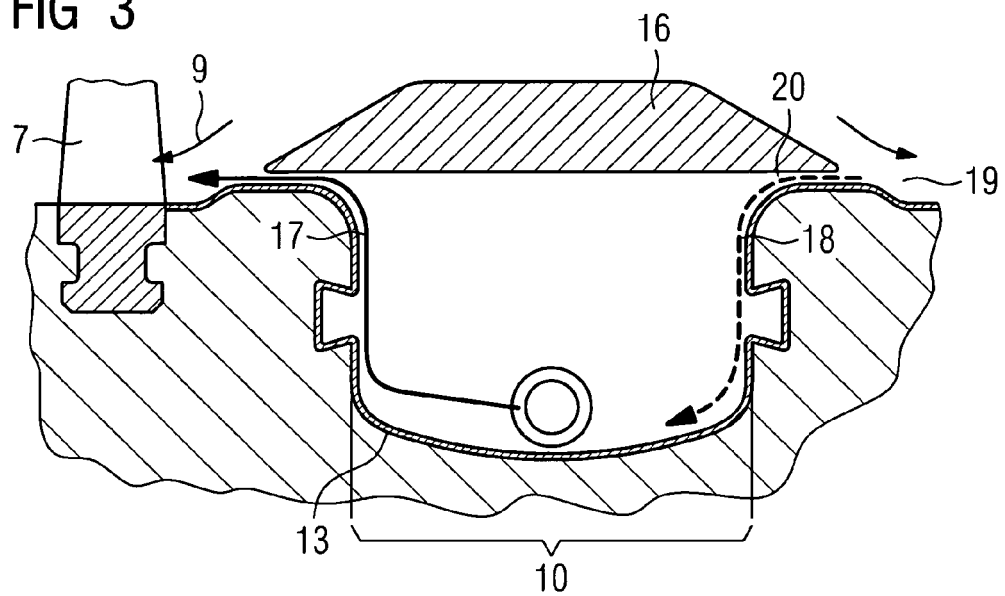


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 6848

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 452 688 A (SIEMENS AG [DE]) 1. September 2004 (2004-09-01)	1-3	INV. F01D5/08 F01D3/02
Y	* Absatz [0035]; Abbildungen 2,3,8-10 *	4	
Y	EP 1 734 145 A (SIEMENS AG [DE]) 20. Dezember 2006 (2006-12-20) * Absätze [0042] - [0044], [0060]; Abbildungen 5-7 *	4	
X	EP 1 378 630 A (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 7. Januar 2004 (2004-01-07) * Absatz [0017]; Abbildung 1 *	1-3	
X	EP 0 894 942 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO [JP]) 3. Februar 1999 (1999-02-03) * Absätze [0033], [0043], [0051], [0052], [0059]; Abbildungen 7,11 *	1	
A	WO 01/46576 A (SIEMENS AG [DE]; NOELSCHER CHRISTOPH [DE]; THIELE RUDOLF [DE]) 28. Juni 2001 (2001-06-28) * Seite 14, Zeilen 5-22; Abbildungen 3,4 *	1-4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	EP 1 785 586 A (SIEMENS AG [DE]) 16. Mai 2007 (2007-05-16) * Absätze [0021] - [0024]; Abbildung 1 *	1-4	F01D
A	EP 1 154 123 A (SIEMENS AG [DE]) 14. November 2001 (2001-11-14) * Abbildung 5 *	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. Januar 2008	Prüfer Teusch, Reinhold
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			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 07 01 6848

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

23-01-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1452688 A	01-09-2004	CN 1526916 A	08-09-2004
		JP 2004239262 A	26-08-2004
		US 2004247433 A1	09-12-2004
EP 1734145 A	20-12-2006	WO 2006133980 A1	21-12-2006
EP 1378630 A	07-01-2004	AU 2003240366 A1	19-01-2004
		WO 2004003346 A1	08-01-2005
		DE 10392802 D2	09-06-2005
		JP 2005538284 T	15-12-2005
EP 0894942 A	03-02-1999	CN 1207454 A	10-02-1999
		CN 1512046 A	14-07-2004
		DE 69827555 D1	23-12-2004
		DE 69827555 T2	15-12-2005
		JP 3567065 B2	15-09-2004
		JP 11050808 A	23-02-1999
		US 6155040 A	05-12-2000
WO 0146576 A	28-06-2001	CZ 20022494 A3	12-02-2003
		EP 1242729 A1	25-09-2002
		JP 2003518223 T	03-06-2003
EP 1785586 A	16-05-2007	KEINE	
EP 1154123 A	14-11-2001	WO 0186121 A1	15-11-2001

EPO FORM P0461

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