



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.11.2017 Patentblatt 2017/48

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01) F01D 5/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16170828.4**

(22) Anmeldetag: **23.05.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Bärow, Stefan**
12623 Berlin (DE)
• **Dominka, Oliver**
16515 Oranienburg (DE)
• **Ederer, Guido**
13593 Berlin (DE)

- **Felsmann, Christian**
16341 Panketal (DE)
- **Fuchs, Florian**
12059 Berlin (DE)
- **Herfurth, Robert**
13088 Berlin (DE)
- **Hernandez Maza, Jose Angel**
10715 Berlin (DE)
- **Kluck, Michael**
10551 Berlin (DE)
- **Kohlhoff, Eike**
12161 Berlin (DE)
- **Krabiell, Kay**
16562 Hohen Neuendorf (DE)
- **Maiz, Khaled**
13355 Berlin (DE)
- **Nouri, Behnam**
10627 Berlin (DE)
- **Willmann, Andre**
16552 Schildow (DE)

(54) **TURBINENSCHAUFEL UND ZUGEHÖRIGE STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, mit einem im Inneren der Turbinenschaufel (1) angeordneten Hohlraum, durch den im Betrieb der Strömungsmaschine ein Kühlfluid zum Kühlen der Turbinenschaufel (1) strömbar ist, und einem das Kühlfluid durchlässigen und in dem Hohlraum angeordneten Boden, der durch einen Metallschaumkörper (2) gebildet ist.

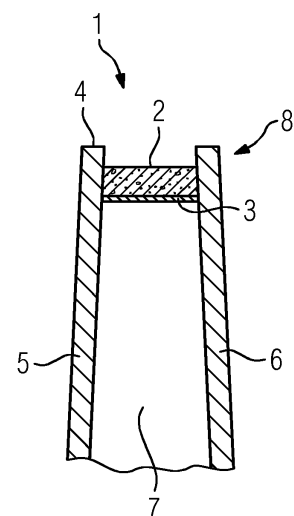


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel.

[0002] Turbinenschaufeln finden in Strömungsmaschinen Verwendung. Dabei wird unter einer Strömungsmaschine oder Turbomaschine eine Fluidenergiemaschine verstanden, bei der die Energieübertragung zwischen Fluid und Maschine in einem offenen Raum durch eine Strömung nach den Gesetzen der Fluidodynamik über den Umweg der kinetischen Energie erfolgt.

[0003] Eine derartige thermische Strömungsmaschine kann einen Verdichter oder eine Turbine aufweisen. Während ein Verdichter zum Komprimieren von Gasen verwendet wird, wie z.B. vor einer Brennkammer eines Strahltriebwerks, wird unter einer Turbine eine rotierende Strömungsmaschine verstanden, welche die innere Energie eines strömenden Fluides (Flüssigkeit oder Gas) in mechanische Energie umwandelt, die sie über ihre Rotorwelle abgibt.

[0004] Dem Fluidstrom wird in einer Turbine durch die möglichst wirbelfreie laminare Umströmung der Turbinenschaufeln ein Teil seiner inneren Energie (bestehend aus Bewegungs-, Lage- und Druckenergie) entzogen, der auf die Laufschaufeln der Turbine übergeht. Über diese wird dann die Rotorwelle in Drehung versetzt, die nutzbare Leistung wird an eine angekuppelte Arbeitsmaschine, wie beispielsweise an einen Generator, abgegeben.

[0005] Unter der Beschaukelung versteht man die Gesamtheit der Schaufeln einer Turbine oder eines Verdichters. Unterschieden wird dabei zwischen Laufschaufeln und Leitschaufeln. Ein Kranz von Laufschaufeln mit dem zugehörigen Kranz von Leitschaufeln nennt man eine Stufe. Die Beschaukelung von Turbinen oder Verdichtern kann mehrstufig sein.

[0006] Die Leitschaufeln sind fest im Gehäuse der Turbine eingebaut und leiten das Arbeitsmittel im optimalen Winkel auf die Laufschaufeln, die sich auf der drehbaren Rotorwelle befinden. Über die Laufschaufeln findet die Kopplung der mechanisch nutzbaren Leistung zwischen Maschine und Fluid statt.

[0007] Gerade Turbinenschaufeln unterliegen hohen thermischen Belastungen, da heiße Verbrennungsgase aus der Brennkammer auf sie treffen. Daher werden Turbinenschaufel gekühlt, z.B. in dem Kühlluft ins hohle Innere der Turbinenschaufel geblasen wird, die durch Austrittsöffnungen der Turbinenschaufel wieder austritt und sich als kühlender Luftstrom auf die Turbinenschaufeloberfläche legt.

[0008] Ein Boden und die darauf liegende Anstreiffläche von einer derartigen luftgekühlten Turbinenschaufel unterliegen ebenfalls hohen thermischen Belastungen. Zugleich lässt sich dieser Bereich der Turbinenschaufel aufgrund der komplexen geometrischen Gegebenheiten nicht optimal kühlen. Dieser Bereich unterliegt daher einem hohen Verschleiß. Im laufenden Betrieb erfolgt ein Abtragen der Anstreiffläche durch Hochtemperaturoxidation. Daraus ergeben sich im Betrieb erhöhte aerody-

namische Verluste. Die Turbinenschaufeln müssen daher nach jedem Wartungsintervall aufwändig repariert werden.

[0009] Aus der EP 1 659 263 A2 ist ein Kühlsystem für eine Gasturbinenschaufel bekannt, bei dem Turbinenschaufelspitze kleine Öffnungen aufweist, durch die Kühlluft austreten kann.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es daher, Wege aufzuzeigen, wie die Kühlung derartiger Turbinenschaufeln verbessert werden kann.

[0011] Die erfindungsgemäße Turbinenschaufel für eine Strömungsmaschine weist einen im Inneren der Turbinenschaufel angeordneten Hohlraum, durch den im Betrieb der Strömungsmaschine ein Kühlfluid zum Kühlen der Turbinenschaufel strömbar ist, und einen das Kühlfluid durchlässigen und in dem Hohlraum angeordneten Boden auf, der durch einen Metallschaumkörper gebildet ist. Somit wird ein konventioneller Boden, der einen Verschlussboden an beispielsweise einer Turbinenlaufschaufelspitze bildet, durch Metallschaum ersetzt. Der Metallschaum besitzt eine durch Poren und Hohlräume bedingte geringe Dichte, weist aber eine hohe spezifische Steifigkeit und Festigkeit auf. Zusätzlich ermöglicht der Metallschaum eine gesteigerte Absorption kinetischer Energie, so dass auch Schwingungen besonders gut dämpfen. Das Metall fungiert ferner als Wärmeüberträger, so dass eine Wärmeleitung zwischen der Druckseitenwand beziehungsweise der Saugseitenwand und dem Metallschaum die Metalltemperatur reduziert. Des Weiteren kann der Metallschaum in Abhängigkeit von der Porosität einen Kühlfluidstrom begrenzen oder regulieren. Somit wird die Turbinenschaufel mit einer verbesserter Kühlung bereitgestellt.

[0012] Der Metallschaumkörper weist bevorzugt eine offenporige Schaumstruktur auf. Dabei wird unter einer offenporigen Schaumstruktur eine Schaumstruktur verstanden, bei der die Zellwände der Schaumstruktur nicht geschlossen sind, während bei einer geschlossenenporigen Schaumstruktur die Zellwände geschlossen sind. Ferner gibt es noch gemischtporige Schaumstrukturen, die beide Arten von Schaumstrukturen aufweisen. Daher kann beispielsweise eine offenporige Schaumstruktur Gase und/oder Flüssigkeiten aufnehmen und diese können die offenporige Schaumstruktur durchdringen.

[0013] Es ist bevorzugt, dass der Metallschaumkörper mittels eines 3D-Druck-Verfahrens hergestellt ist. Ein derart hergestellter Körper kann mittels additiver Fertigung hergestellt werden. Unter additiver Fertigung (englisch: Additive Manufacturing - AM) werden dabei Fertigungsverfahren verstanden, bei denen auf der Basis von digitalen 3D-Konstruktionsdaten durch Ablagern von Material schichtweise ein Bauteil aufgebaut wird. Dies wird auch als 3D-Druck bezeichnet. Der Aufbau erfolgt computergesteuert aus einem oder mehreren flüssigen oder festen Werkstoffen nach vorgegebenen Maßen und Formen. Beim Aufbau finden physikalische und/oder chemische Härtungs- oder Schmelzprozesse statt. Der 3D-Druck ist ein generatives Fertigungsverfahren, nach dem

Aufbauprinzip als additive Fertigung bezeichnet. Die wichtigsten Techniken des 3D-Druckens sind das selektive Laserschmelzen und das Elektronenstrahlschmelzen sowie das selektive Lasersintern für Metalle. So kann zuerst ein Einsetzteil mit der gewünschten Komplexität hergestellt und dann in die vorgefertigte Turbinenschaufel eingesetzt werden.

[0014] Es ist bevorzugt, dass die Turbinenschaufel eine Druckseitenwand und eine Saugseitenwand aufweist, die den Hohlraum begrenzen, wobei sich der Boden von der Druckseitenwand bis zu der Saugseitenwand erstreckt. Die Druckseitenwand und die Saugseitenwand sind bevorzugt stoffschlüssig mit dem Metallschaumkörper verbunden. Dabei werden unter stoffschlüssigem Verbinden alle Verbindungen verstanden, bei denen die Verbindungspartner durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden. Sie sind gleichzeitig nicht lösbare Verbindungen, die sich nur durch Zerstörung der Verbindungsmittel trennen lassen. Dabei ist bevorzugt, dass die Druckseitenwand und die Saugseitenwand mit dem Metallschaumkörper durch Löten verbunden sind. Beim Löten entsteht eine flüssige Phase durch Schmelzen eines Lotes (Schmelzlöten) oder durch Diffusion an Grenzflächen (Diffusionslöten). Dabei wird eine Oberflächenlegierung erzeugt, das Werkstück in der Tiefe aber nicht aufgeschmolzen: Die Liquidustemperatur der Grundwerkstoffe wird nicht erreicht. Nach dem Erstarren des Lotes ist wie beim Schweißen eine stoffschlüssige Verbindung hergestellt. Der Unterschied zum Schweißen liegt darin, dass beim Schweißen die Liquidustemperatur der zu verbindenden Komponenten erheblich überschritten wird und dass beim Löten die chemische Bindung zwar gleich sein kann, aber die Liquidustemperatur kaum oder nicht überschritten wird. So kann die Temperaturbelastung der Bauteile während der Fertigung reduziert werden und es werden unerwünschte Materialänderungen, wie Gefügemodifikationen, vermieden.

[0015] Bevorzugt ist der Metallschaumkörper ein Einsetzbauteil. Somit kann der Metallschaumkörper separat von der Turbinenschaufel hergestellt werden und dann in einem Montageschritt in die Turbinenschaufel eingesetzt werden. Dies vereinfacht die Fertigung.

[0016] Der Metallschaumkörper ist bevorzugt auf einem Träger abgestützt. Der Träger kann ebenfalls ein Einsetzbauteil sein, das in einem Montageschritt in die Turbinenschaufel eingesetzt wird. Der Träger kann ebenso wie der Metallschaumkörper sich von der Druckseitenwand zu der Saugseitenwand erstrecken. Bei dem Träger kann es sich beispielsweise um ein SLM-Gitter handeln. Bei dem SLM-Gitter handelt es sich um ein mittels selektiven Laserschmelzen (englisch: selective laser melting) hergestelltes Gitter. Das SLM-Gitter ist durchlässig für das Kühlfluid, aber ausreichend fest, um die im Betrieb auftretenden Kräfte aufzunehmen. So wird durch den Träger dem Metallschaumkörper eine fixe Position zugewiesen.

[0017] Es ist bevorzugt, dass der Boden im Bereich

der Schaufelspitze der Turbinenschaufel angeordnet ist. Bevorzugt ist, dass die Turbinenschaufel eine Druckseitenwand und eine Saugseitenwand aufweist, die jeweils im Bereich der Schaufelspitze eine Anstreiffläche zum Anschleifen an einem Gehäuse oder einer Welle der Strömungsmaschine aufweisen, wobei der Metallschaumkörper mit einem Mindestabstand größer Null beabstandet von der Anstreiffläche angeordnet ist. So ist sichergestellt, dass der Metallschaumkörper nicht durch im Bereich der Anstreiffläche erfolgende Hochtemperaturoxidation Schaden nimmt.

[0018] Es ist bevorzugt, dass die Druckseitenwand und die Saugseitenwand aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des ersten Materials im Wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des zweiten Materials entspricht. Beispielsweise kann der Wärmeausdehnungskoeffizient einen Wert von $13,0 \mu\text{m}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ aufweisen. Dabei werden unter im Wesentlichen entsprechend Abweichungen von 5% verstanden. So werden thermisch induzierte Spannungen vermieden oder reduziert.

[0019] Zudem ist bevorzugt, dass die Druckseitenwand und die Saugseitenwand aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei die Wärmeleitfähigkeit des zweiten Materials gleich oder größer als die Wärmeleitfähigkeit des ersten Materials ist. Die Wärmeleitfähigkeit kann beispielsweise einen Wert von $11,2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ aufweisen. So wird eine Erwärmung des zweiten Materials vermieden.

[0020] Weiterhin ist bevorzugt, dass die Druckseitenwand und die Saugseitenwand aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei die Temperaturfestigkeit des ersten Materials im Wesentlichen der Temperaturfestigkeit des zweiten Materials entspricht. Die Temperaturfestigkeit kann in einem Bereich von 700°C bis 950°C liegen. Es werden unter im Wesentlichen entsprechend Abweichungen von 5% verstanden. So werden thermische Schäden vermieden.

[0021] Die erfindungsgemäße Strömungsmaschine ist insbesondere eine Gasturbine oder eine Dampfturbine und weist eine der erfindungsgemäßen Turbinenschaufeln auf.

[0022] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel anhand der beigefügten schematischen Zeichnung erläutert. Es zeigt:

Figur 1 einen Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Turbinenschaufel.

[0023] Wie es aus Figur 1 ersichtlich ist, weist eine Turbinenschaufel 1 für eine Strömungsmaschine einen Hohlraum 7, eine Druckseitenwand 5, eine Saugseitenwand 6 und eine Schaufelspitze 8 auf, wobei die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 den Hohlraum 7 begrenzen. Die Turbinenschaufel 1 kann als Lauf-

schaufel oder als Leitschaufel ausgebildet sein. Die Strömungsmaschine kann in Axialbauweise ausgeführt sein und kann eine Dampfturbine oder Gasturbine sein. Im Betrieb der Strömungsmaschine ist ein Kühlfluid, beispielsweise Luft, in dem Hohlraum 7 in Richtung zu der Schaufelspitze 8 strömbar.

[0024] Die Turbinenschaufel 1 weist einen Boden auf, der in dem Hohlraum 7 im Bereich der Schaufelspitze 8 angeordnet ist und durchlässig für das Kühlfluid ist. Der Boden ist durch einen Metallschaumkörper 2 gebildet.

[0025] Die Figur zeigt, dass der Metallschaumkörper 2 auf einem Träger 3 abgestützt ist. Der Träger 3 erstreckt sich von der Druckseitenwand 5 bis zur Saugseitenwand 6. Der Träger 3 kann beispielsweise ein SLM-Gitter sein, das in das Innere der Turbinenschaufel 1 eingesetzt ist.

[0026] Die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 weisen jeweils im Bereich der Schaufelspitze 8 eine Anstreiffläche 4 zum Anschleifen an einem Gehäuse oder einer Welle der Strömungsmaschine auf, wobei der Metallschaumkörper 2 in Axialrichtung der Turbinenschaufel mit einem Mindestabstand größer Null beabstandet von der Anstreiffläche 4 angeordnet ist. So ist der Metallschaumkörper 2 vor hohen Temperaturen im Bereich der Anstreiffläche 4 geschützt.

[0027] Der Metallschaumkörper 2 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel mittels eines 3D-Druck-Verfahrens hergestellt, beispielsweise mittels selektivem Laserschmelzen, Elektronenstrahlschmelzen oder selektivem Lasersintern. Ferner weist der Metallschaumkörper 2 im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine offenporige Schaumstruktur auf, durch die das Kühlfluid hindurchtreten kann.

[0028] Das Material, aus dem der Metallschaumkörper gefertigt ist, weist einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der im Wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des Materials entspricht, aus dem die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 gefertigt sind. Beispielsweise kann der Wärmeausdehnungskoeffizient einen Wert von $13,0 \mu\text{m}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ aufweisen.

[0029] Als Material für den Metallschaumkörper 2 wird ferner ein Material gewählt, dessen Wärmeleitfähigkeit beispielsweise einen Wert von $11,2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ aufweist. Somit ist die Wärmeleitfähigkeit des Materials des Einsetzteils zumindest gleich groß wie die Wärmeleitfähigkeit des Materials, aus dem die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 gefertigt ist.

[0030] Des Weiteren wird als Material für den Metallschaumkörper 2 ein Material gewählt, dessen Temperaturfestigkeit in einem Bereich von 700°C bis 950°C liegt und damit der Temperaturfestigkeit des Materials entspricht, aus dem die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 gefertigt sind.

[0031] Ferner ist der Metallschaumkörper 2 im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Einsetzbauteil. Somit wird der Metallschaumkörper 2 in einem ersten Schritt beispielsweise mittels des 3D-Druck-Verfahrens hergestellt und dann in einem weiteren Schritt in die Turbinenschaufel 1 eingesetzt. In einem weiteren Schritt werden

dann die Druckseitenwand 5 und die Saugseitenwand 6 mit dem Metallschaumkörper 2 stoffschlüssig, beispielsweise durch Löten, verbunden. Somit wird eine leicht zu fertigende Turbinenschaufel 1 mit verbesserter Kühlung bereitgestellt.

[0032] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, mit einem im Inneren der Turbinenschaufel (1) angeordneten Hohlraum (7), durch den im Betrieb der Strömungsmaschine ein Kühlfluid zum Kühlen der Turbinenschaufel (1) strömbar ist, und einem das Kühlfluid durchlässigen und in dem Hohlraum (7) angeordneten Boden, der durch einen Metallschaumkörper (2) gebildet ist.
2. Turbinenschaufel (1) gemäß Anspruch 1, wobei der Metallschaumkörper (2) eine offenporige Schaumstruktur aufweist.
3. Turbinenschaufel (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Metallschaumkörper (2) mittels eines 3D-Druck-Verfahrens hergestellt ist.
4. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Turbinenschaufel (1) ein Schaufelblatt umfassend eine Druckseitenwand (5) und eine Saugseitenwand (6) aufweist, welche Seitenwänden (5, 6) den Hohlraum (7) begrenzen, wobei sich der Boden von der Druckseitenwand (5) bis zu der Saugseitenwand (6) erstreckt.
5. Turbinenschaufel (1) gemäß Anspruch 4, wobei die Druckseitenwand (5) und die Saugseitenwand (6) stoffschlüssig mit dem Metallschaumkörper (2) verbunden sind.
6. Turbinenschaufel (1) gemäß Anspruch 5, wobei die Druckseitenwand (5) und die Saugseitenwand (6) mit dem Metallschaumkörper (2) durch Löten verbunden sind.
7. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Druckseitenwand (5) und die Saugseitenwand (6) aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper (2) aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des ersten Materials im Wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des zweiten Materials entspricht.

8. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Druckseitenwand (5) und die Saugseitenwand (6) aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper(4) aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei die Wärmeleitfähigkeit des ersten Materials gleich oder größer als die Wärmeleitfähigkeit des zweiten Materials ist. 5

9. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die Druckseitenwand (5) und die Saugseitenwand (6) aus einem ersten Material und der Metallschaumkörper(4) aus einem zweiten Material gefertigt sind, wobei die Temperaturfestigkeit des ersten Materials im Wesentlichen der Temperaturfestigkeit des zweiten Materials entspricht. 10
15

10. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Metallschaumkörper (2) ein Einsetzbauteil ist. 20

11. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Turbinenschaufel (1) einen Träger aufweist und der Metallschaumkörper (2) auf dem Träger (3) abstützt ist. 25

12. Turbinenschaufel (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Boden im Bereich der Schaufelspitze (8) der Turbinenschaufel (1) angeordnet ist.

13. Turbinenschaufel (1) gemäß Anspruch 12, 30
wobei die Turbinenschaufel (1) eine Druckseitenwand (5) und eine Saugseitenwand (6) aufweist, die jeweils im Bereich der Schaufelspitze (8) eine Anstreiffläche (4) zum Anschleifen an einem Gehäuse oder einer Welle der Strömungsmaschine aufweisen, wobei der Metallschaumkörper (2) mit einem Mindestabstand größer Null beabstandet von der Anstreiffläche (4) angeordnet ist. 35

14. Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine oder eine Dampfturbine, aufweisend eine Turbinenschaufel (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche. 40

45

50

55

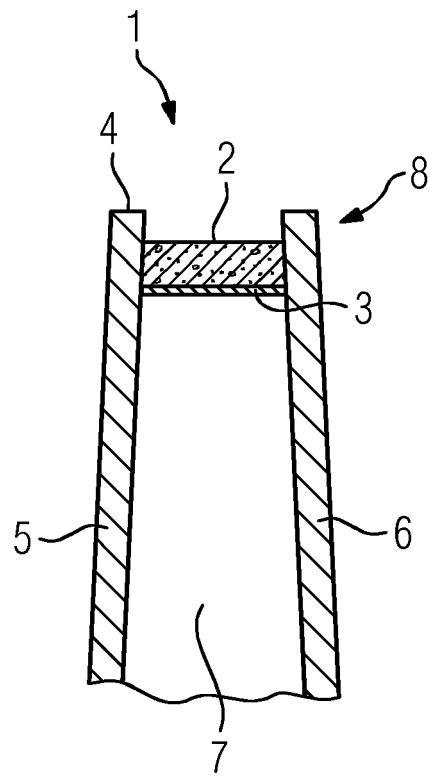


FIG. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 17 0828

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 623 776 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 8. Februar 2006 (2006-02-08)	1-12,14	INV. F01D5/18 F01D5/20
Y	* Absätze [0020], [0024]; Abbildungen 1,3,4 *	13	

X	EP 2 949 634 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2. Dezember 2015 (2015-12-02)	1-3,6-9,14	
	* Absätze [0032], [0033], [0038], [0045]; Abbildungen 4,5 *		

X	EP 1 186 748 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13. März 2002 (2002-03-13)	1-9,12,14	
Y	* Zusammenfassung; Abbildung 5 *	13	
	* Absätze [0026], [0029] *		

X	US 2014/169943 A1 (BUNKER RONALD SCOTT [US] ET AL) 19. Juni 2014 (2014-06-19)	1-11,14	
	* Absätze [0039], [0041], [0051]; Abbildungen 2,13 *		

X	EP 2 581 557 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 17. April 2013 (2013-04-17)	1-11,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Absätze [0019], [0024]; Abbildungen *		F01D

Y,D	EP 1 659 263 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 24. Mai 2006 (2006-05-24)	13	
	* Absatz [0010]; Abbildung 4 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Juli 2016	Prüfer Ketelheun, Anja
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 : mündliche 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 03.92 (P04C03)

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

EP 16 17 0828

5 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.

26-07-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1623776 A2	08-02-2006	AT 451985 T CN 1727097 A EP 1623776 A2 JP 2006043771 A KR 20060049907 A US 2006021730 A1	15-01-2010 01-02-2006 08-02-2006 16-02-2006 19-05-2006 02-02-2006
EP 2949634 A1	02-12-2015	EP 2949634 A1 US 2015345302 A1	02-12-2015 03-12-2015
EP 1186748 A1	13-03-2002	CN 1449470 A EP 1186748 A1 EP 1322838 A1 EP 1707745 A2 JP 4499351 B2 JP 2004508478 A US 2003185685 A1 WO 0220948 A1	15-10-2003 13-03-2002 02-07-2003 04-10-2006 07-07-2010 18-03-2004 02-10-2003 14-03-2002
US 2014169943 A1	19-06-2014	KEINE	
EP 2581557 A2	17-04-2013	CN 103046973 A EP 2581557 A2 US 2013094971 A1	17-04-2013 17-04-2013 18-04-2013
EP 1659263 A2	24-05-2006	CN 1776199 A EP 1659263 A2 JP 2006144786 A US 2006104813 A1	24-05-2006 24-05-2006 08-06-2006 18-05-2006

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1659263 A2 [0009]