

(19)



(11)

**EP 1 898 047 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.03.2008 Patentblatt 2008/11**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/02 (2006.01) F01D 5/06 (2006.01)**  
**B22F 5/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06018790.3**

(22) Anmeldetag: **07.09.2006**

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

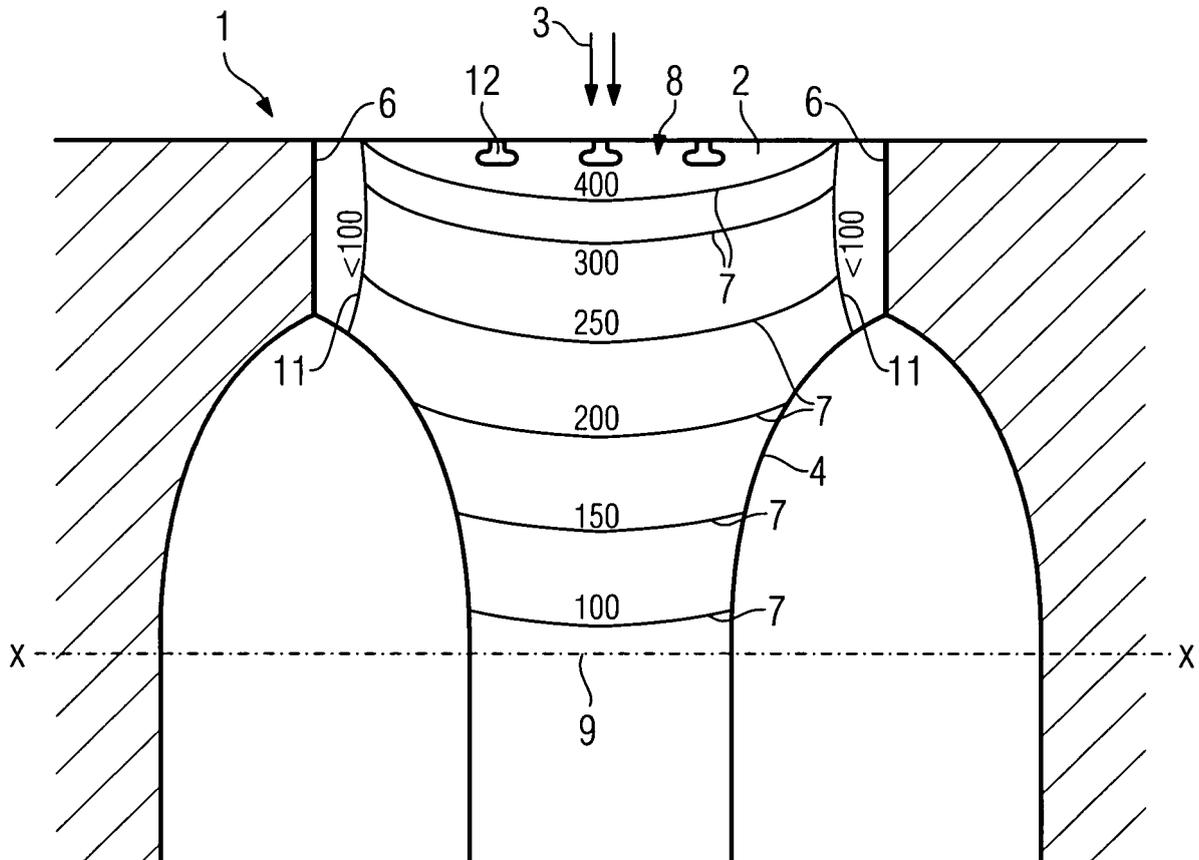
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Kern, Torsten-Ulf, Dr. 46485 Wesel (DE)**

(54) **Optimierter Wellenkörper für Wellenschweißverbindungen, über Pulvermetallurgie hergestellt**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einer Welle (1), von der ein Wellenabschnitt (2) in einem Einströmbereich (3) angeordnet ist. Zumindest

der Wellenabschnitt (2) weist einen Pulver-Metallurgisch hergestellten und anschließend über eine Heiß-Isostatische Presse (HIP) behandelten Werkstoffkörper (4) auf.



**EP 1 898 047 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einer Welle, von der ein Wellenabschnitt in einem Einströmbereich angeordnet ist.

**[0002]** Eine derartige Strömungsmaschine ist beispielsweise als Dampfturbine ausgeführt. Derartige Strömungsmaschinen weisen einen Einströmbereich und sich daran anschließende Strömungsbereiche bzw. Abströmbereiche auf, wobei die Strömungsbereiche ein aus Lauf- und Leitschaufeln gebildetes Schaufelgitter aufweisen.

**[0003]** Ist ein solches Schaufelgitter in axialer Richtung gesehen jeweils links und rechts des Einströmbereiches angeordnet, sind so genannte doppelflutige Strömungsmaschinen gebildet, wobei ein Strömungsmedium, beispielsweise Dampf, über dem Einströmbereich in die in axialer Richtung bzw. in Längsrichtung gesehen jeweils links und rechts davon angeordneten Strömungsbereiche strömt.

**[0004]** In den in axialer Richtung gesehen jeweils links und rechts des Einströmbereiches angeordneten Strömungsbereichen strömt das Strömungsmedium bezogen auf den jeweils anderen Strömungsbereich in entgegen gesetzter Richtung.

**[0005]** Für hohe Temperaturen mit einer Temperatur von mehr als 580°C sollen dabei möglichst Wellen bzw. Wellenkörper eingesetzt werden, die hinsichtlich des Werkstoffeinsatzes und der Werkstoffkosten optimiert sind. Bekannt ist, für Temperaturen von mehr als 580°C beispielsweise 10%ige Cr-Stähle als so genannte Monoblockwellen zu verwenden.

**[0006]** Die Ausführung einer Wellenschweißung ermöglicht es, den Anteil an 9-10%igem Cr-Stahl zu minimieren. Die derzeit bekannten Werkstoffe für Einsatzbereiche bei Temperaturen von mehr als 600°C zeigen aber maximale Anwendungstemperaturen von 625°C. Dabei wurden die Werkstoffe für Monoblockwellen qualifiziert, d.h. es wurde eine Entwicklung betrieben, bei der die Bauteile über einen Schmiedeprozess hergestellt werden können. Die chemische Zusammensetzung ist aufgrund der Erschmelzung homogen und gleichmäßig über dem Querschnitt.

**[0007]** Die Werkstoffentwicklung der letzten Jahre hat gezeigt, dass ein Potenzial der 9-10%igen Cr-Stähle für eine Temperatur von mehr als 625°C besteht. Dabei spielt aber der Borgehalt in Feinabstimmung mit anderen Elementen eine Schlüsselrolle. Die gleichmäßige Borgehaltverteilung während des Erschmelzungsprozesses und im späteren Bauteil sind dabei kritisch. Mit erhöhten Borgehalten geht die Warmumformbarkeit zurück, d.h. die Bauteile können beim Schmieden einreißen oder brechen. Zusätzlich sinkt die Schweißbarkeit in Folge von Warmrissen beim Schweißen und der Ausbildung spröder Bor-Eutektika in der Schmelzlinie. Auch die Zähigkeit nimmt mit hohen Borgehalten ab.

**[0008]** Von daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Strömungsmaschine, insbesondere eine

Welle der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln verbessert zur Verfügung zu stellen, die auch bei höheren Einsatztemperaturen von beispielsweise mehr als 625°C die vorgenannten Nachteile vermeidet.

5 **[0009]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zumindest der Wellenabschnitt im Einströmbereich einen Pulver-Metallurgisch hergestellten und anschließend über eine Heiß-Isostatische Pressung (HIP) behandelten Werkstoffkörper aufweist.

10 **[0010]** Vorteilhafterweise werden mit dem erfindungsgemäß hergestellten Wellenabschnitt bzw. Werkstoffkörper über dem Borgehalt unterschiedliche Gradienten im Bauteil eingestellt. Bevorzugterweise wird hierbei lediglich der Borgehalt in 9-10%igen Cr-Stählen variiert, womit die physikalischen Eigenschaften nicht merklich beeinflusst werden. Nach der Herstellung kann der Werkstoffkörper noch bearbeitet werden. An der späteren Wellenoberfläche für die Anbindung der Schaufeln im Klauenbereich kommt ein hoher Borgehalt über das entsprechende Pulver zur Anwendung. In Richtung des Zentrums des Werkstoffkörpers kann der Borgehalt dann vorteilhaft reduziert werden, um eine höhere Zähigkeit zu erzeugen. An den zu schweißenden Enden des Wellenabschnitts bzw. des Werkstoffkörpers wird der Borgehalt aus Gründen der verbesserten Schweißbarkeit bevorzugt reduziert.

25 **[0011]** Günstig im Sinne der Erfindung ist daher vorgesehen, dass der Werkstoffkörper in seinem Klauenbereich bezogen auf sein Zentrum einen erhöhten Borgehalt aufweist. Vorzugsweise weist der Borgehalt im Klauenbereich einen Betrag von mehr als 100ppm auf, wobei zweckmäßigerweise vorgesehen ist, dass der Werkstoffkörper von seinem Klauenbereich in Richtung zu seinem Zentrum einen abnehmenden Borgehalt bis auf geringe Borgehalte von bevorzugt weniger als 100ppm aufweist.

30 **[0012]** Um eine gute Schweißbarkeit des Werkstoffkörpers zu erreichen ist es günstig im Sinne der Erfindung, wenn der Werkstoffkörper an seinen Anschweißenden einen bezogen auf seinen Klauenbereich reduzierten Borgehalt von vorzugsweise weniger als 100ppm aufweist.

35 **[0013]** Vorteilhaft im Sinne der Erfindung ist, wenn der Werkstoffkörper aus einem 9-10%igen Cr-Stahl besteht, wobei die Welle benachbart zum Wellenkörper bzw. deren zum Werkstoffkörper benachbarte Wellensegmente aus einem 1-2%igen Cr-Stahl bestehen.

40 **[0014]** Besonders vorteilhaft im Sinne der Erfindung ist, wenn der Werkstoffkörper als scheibenartiger Körper ausgeführt ist, der mit seinen Anschweißenden stoffschlüssig mit der Welle verbunden ist, vorzugsweise verschweißt ist.

45 **[0015]** Die Warmfestigkeitseigenschaften an der zukünftigen Wellenoberfläche werden durch Borgehalte mit bis zu 400ppm oder mehr wesentlich verbessert. Bei diesen Gehalten ist eine Herstellung homogener, großer Teile über Schmieden nicht mehr sicher möglich (Rissgefahr). Ein Schmieden wird aber durch den vorteilhaften Pulver-Metallurgischen Weg und den sich daran an-

schließenden HIP-Prozess vorteilhaft nicht mehr notwendig sein. Im Zentrum des Werkstoffkörpers bleiben die Zähigkeitseigenschaften durch die geringen Borgehalte von weniger als 100ppm in ausreichender Höhe erhalten. Die Schweißbarkeit an den Anschweißenden wird vorteilhaft ebenfalls durch abgesenkte Borgehalte gewährleistet.

**[0016]** Damit ergeben sich gute Schweißigenschaften und eine für Temperaturen von mehr als 625°C geeignete Werkstoffzusammensetzung im Einströmbereich mit sehr gutem Kriech- und Zeitstandsverhalten. Vorteile sind aber auch in einem Einsatzbereich von 600°C bis 625°C erkennbar, da sich auch hier verbesserte Warmfestigkeitseigenschaften ergeben.

**[0017]** Weitere vorteilhafte Eigenschaften sind in den Unteransprüchen und der folgenden Figurenbeschreibung offenbart. Es zeigt die einzige

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Welle einer Strömungsmaschine.

**[0018]** Fig. 1 zeigt eine Welle 1 einer nicht dargestellten Strömungsmaschine, von der ein Wellenabschnitt 2 in einem Einströmbereich 3 (Doppelpfeil) der Strömungsmaschine angeordnet ist.

**[0019]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann die Strömungsmaschine als Dampfturbine als so genannte Hochdruckturbine oder Mitteldruckturbine ausgeführt sein, wobei die Welle aber auch Bestandteil einer kombinierten Welle mit Hochdruckturbine und Mitteldruckturbine oder Mitteldruckturbine und Niederdruckturbine sein kann.

**[0020]** Der Wellenabschnitt 3 weist einen Pulver-Metallurgisch hergestellten und anschließend über eine Heiß-Isostatische Pressung (HIP= Hot Isostatic Pressing) behandelten Werkstoffkörper 4 auf.

**[0021]** Der Werkstoffkörper 4 ist an seinen jeweils gegenüberliegenden Anschweißenden 6 mit der übrigen Welle stoffschlüssig verbunden, insbesondere verschweißt.

**[0022]** Der Werkstoffkörper 4, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als scheibenartiger Körper ausgeführt ist, weist beispielhaft im Wesentlichen horizontal ausgerichtete Isolinien 7 auf, um unterschiedliche Borgehalte in dem Werkstoffkörper 4 von seinem Klauenbereich 8 bzw. seiner zukünftigen Werkstoffoberfläche in Richtung zu seinem Zentrum 9 bzw. zu einer Mittelachse X des Werkstoffkörpers 4 bzw. der Welle darzustellen. Hierbei nehmen die Borgehalte beispielhaft von mehr oder gleich 400ppm in Richtung zur bezogen auf die Wellenoberfläche letzten Isolinie 7 beispielhaft auf 100ppm ab. Die von dem Klauenbereich 8 in Richtung zum Zentrum 9 beispielhaft dargestellten, aufeinander folgenden Isolinien 7 sollen einen beispielhaften Borbetraggehalt von 400ppm, 300ppm, 250ppm, 200ppm, 150ppm, 100ppm angeben, so dass der Borgehalt quasi kontinuierlich abnimmt. Unterhalb der letzten Isolinie 7 - bezogen auf den Klauenbereich 8 - beträgt der Borgehalt vorzugs-

weise weniger als 100ppm.

**[0023]** Der Werkstoffkörper 4 besteht in dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem 9-10%igen Cr-Stahl, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel einen Borgehalt im Bereich des Klauenbereiches 8 von bis zu 400ppm aufweist. In Richtung zum Zentrum 9 des Wellenkörpers 4 nimmt der Borgehalt beispielhaft durch die Isolinien 7 dargestellt ab, wobei im Bereich des Zentrums 9 bzw. seiner Mittelachse X ein Borgehalt von weniger als 100ppm vorliegt.

**[0024]** Dieser abnehmende Borgehalt vom Klauenbereich 8 in Richtung zum Zentrum 9 ist mittels des Pulver-Metallurgischen Verfahrens und dem anschließenden HIP-Prozess einstellbar.

**[0025]** Um eine gute Schweißbarkeit der Anschweißenden 6 des Werkstoffkörpers 4 zu erreichen, muss auch im Bereich der Anschweißenden 6 des Werkstoffkörpers 4 ein geringer Borgehalt von weniger als 100ppm eingestellt werden, was durch die im Wesentlichen senkrechten Isolinien 11 dargestellt ist.

**[0026]** Wie bereits gesagt, besteht der Werkstoffkörper 4 aus einem 9-10%igen Cr-Stahl, wobei jeweils benachbarte Wellenteile bevorzugt aus einem 1-2%igen Cr-Stahl bestehen.

**[0027]** Der Klauenbereich 8 ist in Figur 1 mit eingebrachten Befestigungen 12 zur Anbindung von Schaufeln dargestellt.

### 30 Patentansprüche

1. Strömungsmaschine mit einer Welle (1), von der ein Wellenabschnitt (2) in einem Einströmbereich (3) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der Wellenabschnitt (2) einen Pulver-Metallurgisch hergestellten und anschließend über eine Heiß-Isostatische Pressung (HIP) behandelten Werkstoffkörper (4) aufweist.
2. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoffkörper (4) in seinem Klauenbereich (8) bezogen auf sein Zentrum (9) einen erhöhten Borgehalt aufweist.
3. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoffkörper (4) von seinem Klauenbereich (8) in Richtung zu seinem Zentrum (9) einen abnehmenden Borgehalt aufweist.
4. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoffkörper (4) an seinen Anschweißenden (6) einen, bezogen auf seinen Klauenbereich (8) reduzierten Borgehalt von weniger als 100ppm auf-

weist.

5. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** 5  
der Werkstoffkörper (4) aus einem 9-10%igen Cr-Stahl besteht,  
wobei die Wellenteile benachbart zum Werkstoffkörper (4) aus einem 1-2%igen Cr-Stahl bestehen. 10
6. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Werkstoffkörper (4) als scheibenartiger Körper ausgeführt ist, 15  
der mit seinen Anschweißenden (6) stoffschlüssig mit der Welle (1) verbunden ist.

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 1 618 976 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 25. Januar 2006 (2006-01-25)	1,6	INV. F01D5/02
Y	* Absatz [0002] * * Absatz [0005] * * Absatz [0016] * * Absatz [0037] - Absatz [0039] * * Absatz [0053] * * Zusammenfassung; Abbildungen *	2-5	F01D5/06 B22F5/04
X	DE 24 56 435 A1 (VOLKSWAGENWERK AG) 12. August 1976 (1976-08-12)	1,6	
Y	* Seite 1 - Seite 2 * * Seite 4 - Seite 7 * * Abbildungen 3,4 *	2-4	
Y	US 6 174 132 B1 (SHIGA MASAO [JP] ET AL) 16. Januar 2001 (2001-01-16)	2-5	
A	* Spalte 1, Zeile 63 - Spalte 2, Zeile 15 * * Spalte 10, Zeile 49 - Zeile 58 * * Abbildungen 1-3,8,9,14,18-20 *	6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	EP 1 243 754 A2 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 25. September 2002 (2002-09-25)	1,6	F01D B22F
A	* Absatz [0002] * * Absatz [0013] * * Absatz [0025] - Absatz [0027] * * Zusammenfassung; Abbildungen *	3-5	
A	US 2005/281677 A1 (JAMES ALLISTER W [US] JAMES ALLISTER WILLIAM [US]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22)	1-4,6	
	* Absatz [0016] * * Absatz [0021] - Absatz [0023] * * Zusammenfassung; Abbildungen *		
----- -/--			
2 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. Februar 2007	Prüfer O'Shea, Gearóid
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)



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 964 135 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 15. Dezember 1999 (1999-12-15) * Absatz [0002] * * Absatz [0013] * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. Februar 2007	Prüfer O'Shea, Gearóid
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 Patentedokument, 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) (P04003) 2

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

EP 06 01 8790

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.

27-02-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1618976 A2	25-01-2006	US 2006018781 A1	26-01-2006
DE 2456435 A1	12-08-1976	KEINE	
US 6174132 B1	16-01-2001	KEINE	
EP 1243754 A2	25-09-2002	DE 10114612 A1	26-09-2002
		JP 2002371801 A	26-12-2002
		US 2002136659 A1	26-09-2002
US 2005281677 A1	22-12-2005	KEINE	
EP 0964135 A2	15-12-1999	CN 1246579 A	08-03-2000
		DE 69924561 D1	12-05-2005
		DE 69924561 T2	16-02-2006
		ID 23116 A	02-03-2000
		JP 2000064805 A	29-02-2000
		KR 20000005928 A	25-01-2000
		SG 87808 A1	16-04-2002
		TW 394812 B	21-06-2000
		US 6152697 A	28-11-2000

EPO FORM P0481

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