(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 025 866 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.02.2009 Patentblatt 2009/08

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

(21) Anmeldenummer: **07015626.0**

(22) Anmeldetag: **08.08.2007**

(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

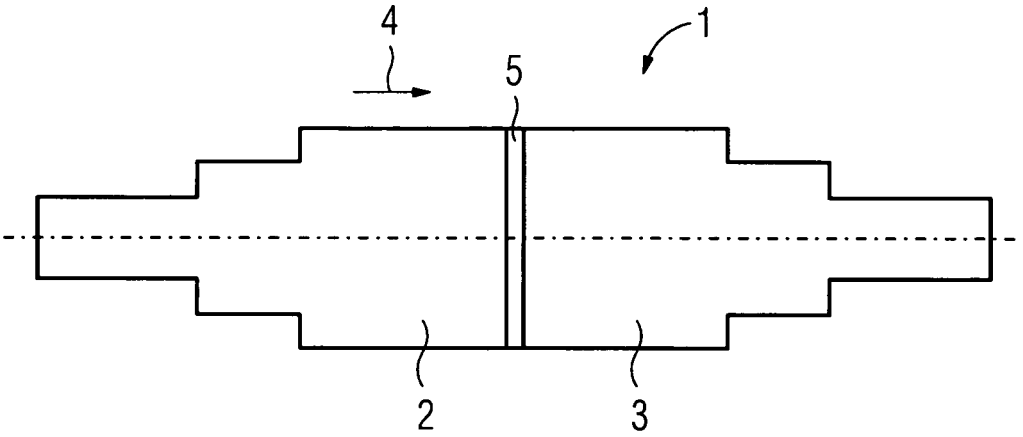
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Wieghardt, Kai, Dr.**
68167 Mannheim (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung einer Turbinenkomponente und entsprechende Turbinenkomponente

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenkomponente (1) für eine Dampfturbine, wobei das Verfahren das Bereitstellen von zwei Teilkomponenten umfasst, wobei die erste Teilkomponente (2) eine Superlegierung und die zweite Teilkomponente (3) einen hochwarmfesten Stahl aufweist und die beiden Teilkomponenten (2, 3) mittels einer Verbindungsschweißung miteinander verschweißt werden, wobei die Schweißnaht (5) auch nach der Schweißung auf eine Temperatur, die 70% bis 130% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls entspricht, erwärmt wird.

FIG 1



EP 2 025 866 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenkomponente, insbesondere einer Turbinenwelle oder einem Dampfturbinengehäuse. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Turbinenkomponente, insbesondere eine Turbinenwelle oder ein Dampfturbinengehäuse.

[0002] Bei der Entwicklung, Planung und Fertigung eines Dampfkraftwerkes werden sehr viele Anstrengungen unternommen, damit ein hoher Wirkungsgrad des Dampfkraftwerkes erreicht wird. Eine sehr effektive Maßnahme zur Steigerung des Wirkungsgrades von Dampfkraftwerken liegt in der Erhöhung der Dampfzustände, insbesondere in der Erhöhung der Dampfeintrittstemperatur. Daher werden Anstrengungen unternommen, um Dampfturbinen für Dampfeintrittstemperaturen von 700°C bis 720°C betreiben zu können. Solch hohe Temperaturen erfordern die Auswahl von geeigneten Werkstoffen für die thermisch belasteten Komponenten eines Dampfkraftwerkes. Insbesondere werden die Wellen und die Gehäuse von Dampfturbinen thermisch stark belastet. Für die thermisch am höchsten beanspruchten Bereiche der Komponenten können Nickelbasis-Werkstoffe eingesetzt werden. Unter Nickelbasis-Werkstoffen sind hochtemperaturfeste Legierungen zu verstehen, die insbesondere auf Nickel-Basis aufgebaut sind.

[0003] Allerdings sind die Nickelbasis-Legierungen in etwa dreimal so teuer wie herkömmliche Werkstoffe. Eine Welle in einer Monoblock-Ausführung wäre zwar für den Einsatz in einer bei 700°C Dampfeintrittstemperatur betriebenen Dampfturbine geeignet, allerdings wären die Herstellungs-, Material- und Bearbeitungskosten vergleichsweise hoch.

[0004] In den Bereichen, die durch thermodynamische Umwandlungsprozesse thermisch geringer belastet werden, können hochwarmfeste Stähle, wie z. B. 10Gew.-% Cr-Stahl verwendet werden. Die Temperaturen, bei denen solche Stähle eingesetzt werden können, liegen ungefähr 100 Kelvin unter der angestrebten Dampfeintrittstemperatur von 700°C.

[0005] Die Großkomponenten, wie z. B. die Dampfturbinenwellen für Dampfturbinen mit einer Dampfeintrittstemperatur von 700°C können daher nicht komplett aus Superlegierungen, wie z. B. Nickelbasis-Werkstoffe, bestehen können, sondern müssen Fügestellen mit hochwarmfesten Stählen, wie z. B. den 10%igen Chromstahl aufweisen.

[0006] In der EP 1 378 629 wird beispielsweise eine aus zwei Materialien zusammengefügte Dampfturbinenwelle offenbart, wobei das eine Material eine Nickelbasis-Legierung umfasst und das andere Material aus einem hochfesten Stahl besteht. Diese Turbinenwelle wird an seiner Fügestelle mittels einer innenliegenden Verschraubung miteinander verschraubt. Verschraubungen bilden allerdings immer ein gewisses Risiko, da Schraubverbindungen brechen können.

[0007] Eine weitere Möglichkeit, eine Komponente aus einer Superlegierung und einem hochwarmfesten Stahl herzustellen, wäre, die beiden Materialien miteinander mittels einer Schweißnaht zu verschweißen. Die Schweißung verbindet somit zwei Teilkomponenten, von denen das eine im Betrieb heißer ist als die zweite Teilkomponente und gleichzeitig einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, wie es bei nickelbasisbasierten Legierungen der Fall ist. Somit ist die thermische Ausdehnung der beiden Teilkomponenten sehr unterschiedlich. Eine starre stoffschlüssige Schweißverbindung würde somit sehr hohen thermischen Spannungen ausgesetzt sein.

[0008] Solche thermischen Spannungen würden die zulässigen Langzeit-Festigkeitswerte der Schweißnaht übertreffen. Darüber hinaus wirken im stationären Betrieb im Schweißnahtbereich statische Primärspannungen aus Fliehkraft, Schubkräften und Leistungsmomenten, High-Cycle-Fatigue (HCF) durch den Wellendurchhang sowie Eigenspannungen aus dem Schweißverfahren.

[0009] Wünschenswert wäre es, eine Komponente herstellen zu können, die aus zwei unterschiedlichen Materialien besteht, wobei die Schweißnaht bei einer thermischen Belastung zuverlässig ist.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenkomponente mit den Schritten:

- Bereitstellen einer eine Superlegierung aufweisenden ersten Teilkomponente (2),
- Bereitstellen einer einen hochwarmfesten Stahl aufweisenden zweiten Teilkomponente (3),
- Verbindungsschweißen der ersten Teilkomponente (2) mit der zweiten Teilkomponente (3), wobei eine Schweißnaht (5) zwischen der ersten Teilkomponente (2) und der zweiten Teilkomponente (3) gebildet wird,
- Erwärmen der Schweißnaht (5) auf eine Temperatur, die 70% bis 130% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls entspricht.

[0011] Die Aufgabe wird des Weiteren gelöst durch eine Turbinenkomponente, umfassend eine eine Superlegierung aufweisende erste Teilkomponente (2) und eine direkt mit der ersten Teilkomponente (2) verschweißten, einen hochwarmfesten Stahl aufweisende zweite Teilkomponente (3).

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0013] Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, dass die Schweißnaht nach der Verbindungsschweißung und vor der mechanischen Bearbeitung einer speziellen Wärmebehandlung unterzogen werden soll, damit diese den gewünschten Anforderungen entspricht. Dabei geht die Erfindung von dem Gedanken aus, dass durch diese Wärmebehandlung thermische Spannungen in der Schweißnaht ganz oder teilweise relaxieren.

Beim nachfolgenden Abkühlen stellt sich im kalten Bauteil ein Eigenspannungszustand ein, den die Verbindung ertragen kann. Durch die Wärmebehandlung reduziert sich die Kurzzeit-Festigkeit der zweiten Teilkomponente auf einen niedrigeren Wert.

[0014] Die Wärmebehandlung kann lokal erfolgen, d. h. lediglich die Schweißnaht wird aufgeheizt. Es kann aber ebenso die komplette Komponente aufgeheizt werden.

[0015] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die erste Teilkomponente aus einem nickelbasierten Werkstoff gebildet, insbesondere einer nickelbasierten Superlegierung. Gerade ein nickelbasierter Werkstoff ist für hohe Temperaturen geeignet und somit für das Anwendungsgebiet optimal.

[0016] Vorteilhafterweise wird die zweite Teilkomponente aus einem 10%igen Chromstahl gebildet. Die zweite Teilkomponente kann ebenso aus einem X12-Stahl gebildet werden. Die beiden vorgenannten Materialien sind für die Anwendung im Dampfturbinenbau optimal und sind daher als besonders geeignet einzustufen.

[0017] Die Anlasstemperatur kann vorteilhafterweise bei 730°C liegen. Die Temperatur, auf die die Schweißnaht erwärmt werden soll, kann dabei zwischen 80% bis 120% der Anlasstemperatur von 730°C liegen. Vorteilhafterweise kann der Temperaturbereich auch zwischen 90% und 110% der Anlasstemperatur von 730°C sein. Es kann aber ebenso jeder beliebige Intervall zwischen 80% und 120% gewählt werden.

[0018] Vorteilhafterweise umfasst die Komponente eine Turbinenwelle für eine Dampfturbine. Turbinenwellen sind die am meisten thermisch beanspruchten Komponenten in einer Dampfkraftanlage.

[0019] Vorteilhafterweise umfasst die Komponente ein Gehäuse für eine Dampfturbine. Neben den Turbinenwellen sind die Gehäuse für Dampfturbinen besonders thermisch belastet.

[0020] Durch die Wärmebehandlung der Schweißnaht ist eine sehr einfache und kostengünstige Lösung angegeben, um eine Komponente bereitzustellen, die für die Erhöhung des Wirkungsgrades in einer Dampfkraftanlage genutzt wird. Für diese Wärmebehandlung sind keine größeren Umbaumaßnahmen im Herstellungsprozess zu berücksichtigen.

[0021] Vorteilhafterweise werden Eigenspannungen in der Schweißnaht abgebaut, wobei die Härtewerte homogenisiert werden. Darüber hinaus lässt sich die Verbesserung der Schweißnaht gut messen und berechnen, wodurch eine Überprüfbarkeit der Schweißnaht gegeben ist.

[0022] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Abbildungen näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

Figur 1 eine Seitenansicht einer Welle,

Figur 2 eine Seitenansicht eines oberen Teils eines Gehäuses.

[0024] Die Figur 1 zeigt eine Seitenansicht einer als Welle ausgebildete Turbinenkomponente 1. Die Turbinenkomponente 1 umfasst eine erste Teilkomponente 2 und eine zweite Teilkomponente 3. Die erste Teilkomponente 2 kann beispielsweise aus einer nickelbasierten Superlegierung oder aus einem nickelbasierten Werkstoff gebildet werden. Nickelbasierte Werkstoffe sind besonders für hohe Temperaturen geeignet und somit kann die Turbinenkomponente 1, wenn sie als Welle ausgebildet ist, in der in der Figur 1 dargestellten Anordnung von links mit Dampfeintrittstemperaturen von über 700°C beaufschlagt werden.

[0025] Die zweite Teilkomponente 3 kann aus einem X12-Stahl oder aus einem 10%igen Chromstahl gebildet werden. Diese Werkstoffe sind für hohe Dampfeintrittstemperaturen von 700°C nicht geeignet. Durch thermodynamische Umwandlungsprozesse wird in einer Strömungsrichtung 4 der Dampf abgekühlt, wodurch die zweite Teilkomponente 3 thermisch weniger belastet wird als die erste Teilkomponente 2.

[0026] In einem ersten Verfahrensschritt wird die erste Teilkomponente 2 bereitgestellt, die eine Superlegierung aufweist. In einem weiteren Verfahrensschritt wird die zweite Teilkomponente 3 aus einem einen hochwarmfesten Stahl aufweisenden Komponente bereitgestellt.

[0027] In einem weiteren Schritt wird die erste Teilkomponente 2 und die zweite Teilkomponente 3 mittels einer Schweißnaht 5 zwischen der ersten Teilkomponente 2 und der zweiten Teilkomponente 3 miteinander verschweißt.

[0028] In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Schweißnaht 5 auf eine Temperatur, die 70% bis 130% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls entspricht, erwärmt.

[0029] Die Schweißnaht wird nach der Schweißung auf eine Temperatur, die 70% bis 130% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls entspricht, erwärmt. Vor dieser Erwärmung kann die Komponente 1 mit der Schweißnaht 5 abgekühlt sein.

[0030] Bei 10%igem Chromstahl liegt die Anlasstemperatur bei 730°C. Alternativ zu dem vorgenannten Temperaturintervall kann die Temperatur zwischen 80% und 120% der Anlasstemperatur gewählt werden. Die Temperatur kann beispielsweise zwischen 90% und 110% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls gewählt werden.

[0031] Genauso können beliebige Bereiche aus dem größeren Bereich 70% bis 130% gewählt werden, um die Schweißnaht 5 zu erwärmen.

[0032] In der Figur 2 ist eine als Gehäuse für eine Dampfturbine ausgebildete Turbinenkomponente 1 in einer Seitenansicht dargestellt. Der Übersichtigkeit wegen ist lediglich ein oberer Teil des Gehäuses dargestellt. Das Gehäuse umfasst die erste Teilkomponente 2 und die zweite Teilkomponente 3 sowie eine zwischen der ersten Teilkomponente 2 und der zweiten Teilkomponente 3 angeordnete Schweißnaht 5. Die erste Teilkomponente 2 und die zweite Teilkomponente 3 umfasst die Material-

auswahl wie zur Figur 1 bezogen auf die Welle angegeben. Insbesondere umfasst die erste Teilkomponente 2 eine Superlegierung und die zweite Teilkomponente 3 ist aus einem hochwarmfesten Stahl gebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Turbinenkomponente (1) mit den Schritten:

- Bereitstellen einer eine Superlegierung aufweisenden ersten Teilkomponente (2),
- Bereitstellen einer einen hochwarmfesten Stahl aufweisenden zweiten Teilkomponente (3),
- Verbindungsschweißen der ersten Teilkomponente (2) mit der zweiten Teilkomponente (3), wobei eine Schweißnaht (5) zwischen der ersten Teilkomponente (2) und der zweiten Teilkomponente (3) gebildet wird,
- Erwärmen der Schweißnaht (5) auf eine Temperatur, die 70% bis 130% der Anlasstemperatur des hochwarmfesten Stahls entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei die erste Teilkomponente (2) aus einem nikkelbasierten Werkstoff gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
wobei die erste Teilkomponente (2) aus einer nickelbasierten Superlegierung gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
wobei die zweite Teilkomponente (3) aus einem 10Gew-% Cr-Stahl gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die zweite Teilkomponente (3) aus einem X12-Stahl gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Anlasstemperatur 730°C beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Temperatur zwischen 80% und 120% der Anlasstemperatur liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6,
wobei die Temperatur zwischen 90% und 110% der Anlasstemperatur liegt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die gesamte Turbinenkomponente (1) auf die Temperatur erwärmt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Turbinenkomponente (1) eine Turbinenwelle für eine Dampfturbine umfasst.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9,
wobei die Turbinenkomponente (1) ein Gehäuse für eine Dampfturbine umfasst.

12. Turbinenkomponente (1),
umfassend eine eine Superlegierung aufweisende erste Teilkomponente (2) und eine direkt mit der ersten Teilkomponente (2) verschweißten, einen hochwarmfesten Stahl aufweisende zweite Teilkomponente (3).

13. Turbinenkomponente (1) nach Anspruch 12,
wobei die erste Teilkomponente (2) aus einem nikkelbasierten Werkstoff gebildet ist.

14. Turbinenkomponente (1) nach Anspruch 12,
wobei die erste Teilkomponente (2) aus einer nickelbasierten Superlegierung gebildet ist.

15. Turbinenkomponente (1) nach einem der Ansprüche 12 - 14,
wobei die zweite Teilkomponente (3) aus einem 10%igen Chromstahl gebildet ist.

16. Turbinenkomponente (1) nach Anspruch 12,
wobei die zweite Teilkomponente (3) aus einem X12-Stahl gebildet ist.

17. Turbinenkomponente (1) nach einem der Ansprüche 12 - 16,
wobei die Turbinenkomponente (1) eine Welle für eine Dampfturbine ist.

18. Turbinenkomponente (1) nach einem der Ansprüche 12 - 16,
wobei die Turbinenkomponente (1) ein Gehäuse für eine Dampfturbine ist.

FIG 1

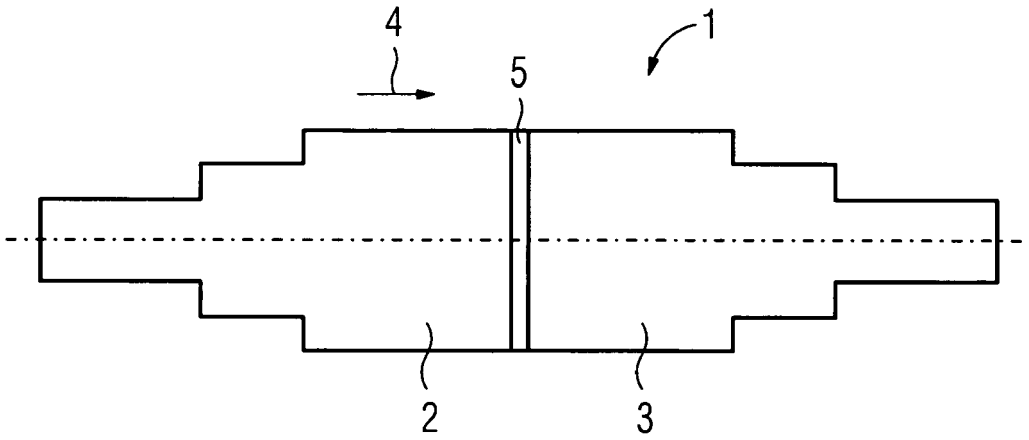
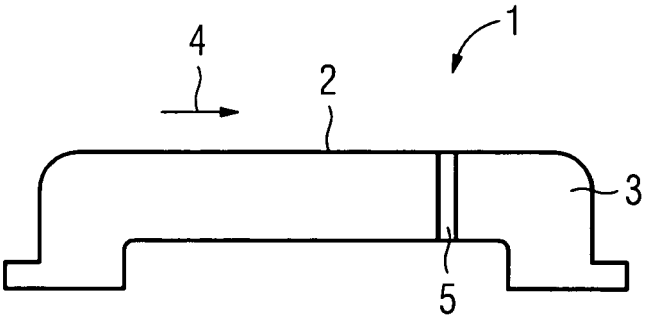


FIG 2



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 5626

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 103 48 422 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD BADEN [CH]) 25. Mai 2005 (2005-05-25) * das ganze Dokument * -----	1-18	INV. F01D5/06
A	US 4 743 165 A (ULRICH WILLIAM R [US]) 10. Mai 1988 (1988-05-10) * Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 16 * * Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 7 * * Abbildungen * -----	1-18	
A	DE 100 52 176 A1 (TOSHIBA KAWASAKI KK [JP]) 21. Juni 2001 (2001-06-21) * Seite 4, Zeile 9 - Zeile 62 * * Seite 5, Zeile 24 - Zeile 31 * * Abbildungen * -----	1-18	
A	DE 42 39 710 A1 (ABB PATENT GMBH [DE]) 1. Juni 1994 (1994-06-01) * Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 12 * * Abbildungen * -----	1-18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	WO 2004/051056 A (SIEMENS AG [DE]; JANSSEN WOLFGANG [DE]; KERN TORSTEN-ULF [DE]; KLOECKN) 17. Juni 2004 (2004-06-17) * Seite 2, Zeile 11 - Zeile 25 * * Seite 5, Zeile 13 - Zeile 27 * * Abbildungen * -----	1-18	F01D
A	EP 1 243 754 A (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 25. September 2002 (2002-09-25) * Spalte 5, Absatz 24 * * Abbildungen * -----	1-18	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	24. Januar 2008	Mielimonka, Ingo

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 5626

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.

24-01-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10348422 A1	25-05-2005	US 2005106407 A1	19-05-2005
US 4743165 A	10-05-1988	KEINE	
DE 10052176 A1	21-06-2001	FR 2800124 A1	27-04-2001
		US 6499946 B1	31-12-2002
DE 4239710 A1	01-06-1994	EP 0604754 A1	06-07-1994
		US 5414929 A	16-05-1995
WO 2004051056 A	17-06-2004	AU 2003292993 A1	23-06-2004
		CN 1720387 A	11-01-2006
		EP 1567749 A1	31-08-2005
		ES 2283856 T3	01-11-2007
		US 2006153686 A1	13-07-2006
EP 1243754 A	25-09-2002	DE 10114612 A1	26-09-2002
		JP 2002371801 A	26-12-2002
		US 2002136659 A1	26-09-2002

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 1378629 A **[0006]**