

(19)



(11)

EP 2 669 472 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.12.2013 Patentblatt 2013/49

(51) Int Cl.:
F01D 5/02 (2006.01) F01D 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12170472.0**

(22) Anmeldetag: **01.06.2012**

(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

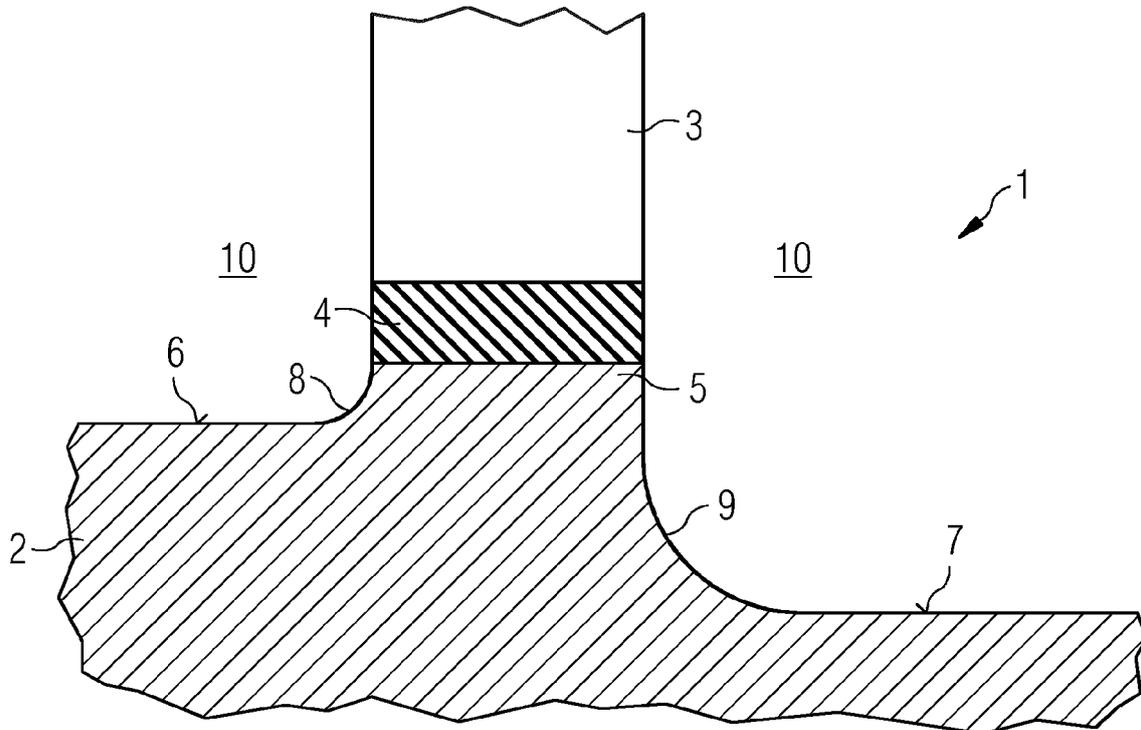
(72) Erfinder:
 • Förster, Ingo
45468 Mülheim/Ruhr (DE)
 • Richter, Christoph Hermann, Dr.
49477 Ibbenbüren (DE)
 • Truckenmüller, Frank, Dr.
44879 Bochum (DE)

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

(54) Rotor für eine Strömungsmaschine, Strömungsmaschine und Dampfturbine

(57) Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Strömungsmaschine, in welcher ein korrosives Fluid (9) strömbar ist, wobei der Rotor eine Welle (2) und mindestens einen radial außenseitig um die Welle (2) stoffschlüssig angebrachten Ring (3) aufweist, der eingerichtet ist eine Mehrzahl an Laufschaufeln formschlüssig an

die Welle (2) anzubinden, wobei die Welle (2) aus einem korrosionsrissanfälligen Material und der Ring (3) aus einem korrosionsrissunanfälligen Material hergestellt sowie in Radialrichtung derart dick ausgeführt ist, dass von dem Ring (3) auf die Welle (2) übertragene Spannungen in der Welle (2) derart homogen sind, dass eine Spannungsrisskorrosion der Welle (2) unterbunden ist.



EP 2 669 472 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Strömungsmaschine und eine Strömungsmaschine.

[0002] Eine Strömungsmaschine in Axialbauweise, beispielsweise eine Dampfturbine, weist einen Rotor mit einer Welle und daran angebrachte Laufschaufeln auf. Die Schaufelanbindung ist gebildet von Schaufelfüßen der Laufschaufeln und Rotorklauen, mit denen die Schaufelfüße formschlüssig an der Welle befestigt sind. Jeder Schaufelfuß ist beispielsweise als ein tannenbaumartiger Vorsprung am Schaufelblatt ausgebildet und die dazugehörige Rotorklaue ist als eine der Form des Vorsprungs komplementären Nut gefertigt, in die der ihr zugeordnete Schaufelfuß eingreift. Beim Betrieb der Dampfturbine können die Schaufelanbindungen ermüden, so dass ihre Festigkeit reduziert wird. Beim Kontakt der Rotorklauen mit dem Prozessdampf kann sich an den Rotorklauen eine Spannungsrisskorrosion abzeichnen. Ferner führen die niederzyklischen Lasten, wie beispielsweise Fliehkraft und Dampfbiegung, zu einer derart hohen Beanspruchung der Schaufelanbindungen, dass dadurch die maximal zulässige Dampfturbinenstartzahl bestimmt ist.

[0003] Im Betrieb der Dampfturbine sind die Schaufelanbindungen Schwingungsbeanspruchungen ausgesetzt, die zu einer Materialermüdung führen können, wodurch an den Schaufelfüßen und/oder an den Rotorklauen Risse entstehen können. Bei entsprechendem Risswachstum kann dies zu einem Schaufelanriss oder einem Schaufelabriss führen. Ferner kann die Rissbildung an der Schaufelanbindung durch hohe statische Spannungen bei korrosivem Einfluss des Prozessdampfs gefördert werden.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es einen Rotor für eine Strömungsmaschine und die Strömungsmaschine schaffen, bei denen die oben genannten Probleme überwunden sind und der Rotor eine lange Lebensdauer hat.

[0005] Der erfindungsgemäße Rotor für die Strömungsmaschine, in welcher ein korrosives Fluid strömbar ist, weist eine Welle und mindestens einen radial außenseitig um die Welle stoffschlüssig angebrachten Ring auf, der eingerichtet ist eine Mehrzahl an Laufschaufeln formschlüssig an die Welle anzubinden, wobei die Welle aus einem korrosionsrissanfälligen Material und der Ring aus einem korrosionsrissananfälligen Material hergestellt sowie in Radialrichtung derart dick ausgeführt ist, dass von dem Ring auf die Welle übertragene Spannungen in der Welle derart homogen sind, dass eine Spannungsrisskorrosion der Welle unterbunden ist.

[0006] Im Bereich der Laufschaufelanbindungen kann es zu lokal erhöhten Spannungen kommen. Dadurch, dass das Fluid korrosiv ist, ist der Ring potentiell Spannungsrisskorrosion ausgesetzt. Indem der Ring erfindungsgemäß aus dem korrosionsrissananfälligen Material hergestellt ist, ist die Spannungsrisskorrosion insbesondere im Bereich der Laufschaufelanbindungen vorteilhaft unterbunden, wodurch der Rotor eine lange Le-

bensdauer hat.

[0007] Gemäß der Erfindung sind die Spannungen, die von dem Ring auf die Welle übertragen werden, homogenisiert, wodurch eventuell auftretende Spannungsspitzen in der Welle unterbunden sind. Daher ist eine möglicherweise auftretende Spannungsrisskorrosion der Welle, obwohl sie aus einem korrosionsrissananfälligen Material hergestellt ist, unterbunden.

[0008] Der Ring weist bevorzugt Chromstahl auf. Der Chromstahl hat bevorzugt einen Massenanteil an Chrom von 5% bis 20%. Beispielsweise können X2CrNi12 oder X12Cr13 eingesetzt werden. Der Chromstahl ist resistent gegenüber Korrosion und gegenüber einer Säureeinwirkung. Damit ist der Chromstahl beständig gegenüber Spannungsrisskorrosion. Des Weiteren weist der Chromstahl eine hohe Ermüdungsfestigkeit auf, wodurch vorteilhaft eine hohe Startzahl der Strömungsmaschine erzielt ist. Bevorzugtermaßen weist die Welle Nickelstahl auf, insbesondere mit 3,5 Massenprozent Nickel.

[0009] Der Ring ist bevorzugt mittels Schweißen stoffschlüssig an die Welle befestigt. Dadurch ergibt sich eine vorteilhaft feste Anbindung des Rings an die Welle. Bevorzugtermaßen ist eine Pufferlage zwischen der Welle und dem Ring vorgesehen. Die Pufferlage kann dazu vorgesehen sein, um eine mögliche Differenzdehnung des Rings und der Welle zu kompensieren, damit Spannungsbelastungen sowohl des Rings als auch der Welle vermieden werden. Des Weiteren kann die Pufferlage als eine Haftvermittlerschicht zwischen dem Ring und der Welle wirken, um die stoffschlüssige Anbindung von Ring und Welle zu verbessern.

[0010] Es ist bevorzugt, dass die Welle einen umlaufenden Vorsprung aufweist, an den der Ring stoffschlüssig angebracht ist. Dadurch ergibt sich eine gute Zugänglichkeit eines Werkzeugs beim stoffschlüssigen Anbringen des Rings, insbesondere eine gute Zugänglichkeit eines Schweißwerkzeugs. Bevorzugtermaßen ist an dem Übergang zwischen der Welle und dem Vorsprung ein Radius vorgesehen, damit eventuell auftretende Kerbspannungseffekte derart abgeschwächt sind, dass in der Welle keine Spannungsrisskorrosion auftritt.

[0011] Die erfindungsgemäße Strömungsmaschine weist den erfindungsgemäßen Rotor auf. Bevorzugtermaßen ist die Strömungsmaschine eine Dampfturbine. Die Dampfturbine weist bevorzugt den mindestens einen Ring in der letzten, stromab liegenden Stufe der Dampfturbine auf. Die Laufschaufeln in der letzten Stufe der Dampfturbine sind die Laufschaufeln mit den längsten radialen Erstreckungen in der Dampfturbine und sind somit besonders anfällig für eine Schwingungsanregung. Den Ring in dieser Stufe vorzusehen ist daher besonders vorteilhaft. In der Dampfturbine bezeichnet dabei eine Stufe die Gesamtheit aus einer Laufschaufelreihe und einer dazugehörigen Leitschaufelreihe.

[0012] Im Folgenden wird anhand der beigefügten schematischen Zeichnung die Erfindung näher erläutert. Die Figur zeigt einen Ausschnitt eines Längsschnitts eines erfindungsgemäßen Rotors.

[0013] Eine Dampfturbine weist einen Rotor 1 auf. In der Dampfturbine ist ein korrosives Fluid strömbar, welches beispielsweise mit Schwefelwasserstoff versetzter Prozessdampf 10 ist. Wie es aus der Figur ersichtlich ist, weist der Rotor 1 eine Welle 2 und einen um die Welle 2 angeordneten Ring 3 auf. Der Rotor 1 weist weiterhin einen Laufschaufelkranz mit einer Mehrzahl an Laufschaufeln auf (in der Figur nicht gezeigt), die formschlüssig an dem Ring 2 befestigt sind. Dazu weisen die Laufschaufeln Schaufelfüße und der Ring 3 Nuten auf, wobei die Formen der Schaufelfüße und der Nuten derart aufeinander abgestimmt sind, dass die Laufschaufeln an dem Ring formschlüssig befestigbar sind. Die Nuten, die auch als Rotorklauen bezeichnet werden, und die Schaufelfüße können beispielsweise ein tannenbaumförmiges Profil haben.

[0014] Die Welle 2 weist einen radial vorstehenden und axialsymmetrisch geformten Vorsprung 5 auf, auf dem der Ring 3 angeordnet ist. Es ist prinzipiell auch möglich, keinen Vorsprung vorzusehen. Die Welle weist eine erste Wellenaußenseite 6 und eine zweite Wellenaußenseite 7 auf, die auf gegenüberliegenden Seiten des Vorsprungs 5 angeordnet sind. Die Welle 2 hat im Bereich der ersten Wellenaußenseite 6 einen größeren Durchmesser als im Bereich der zweiten Wellenaußenseite 7. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn es sich bei dem Laufschaufelkranz um den in der letzten, stromab liegenden Stufe der Dampfturbine angeordneten Laufschaufelkranz handelt. Der Teil der Welle mit dem kleineren Durchmesser kann mit einem Generator gekoppelt sein. Es ist aber auch möglich, dass die Welle auf beiden Seiten des Vorsprungs 5 den gleichen Durchmesser hat.

[0015] Die erste Wellenaußenseite 6 weist einen ersten Radius 8 und die zweite Wellenaußenseite 7 weist einen zweiten Radius 9 auf, mit denen die Wellenaußenseiten 6, 7 in den Vorsprung 5 übergehen, so dass Kerbspannungseffekte vorteilhaft unterbunden sind. In der Figur ist der erste Radius 8 kleiner als der zweite Radius 9. Denkbar ist es auch, beide Radien gleich groß auszuführen. Der Ring 3 ist fluchtend an den beiden Radien 8, 9 angeformt.

[0016] Durch im Betrieb der Dampfturbine auftretende Fliehkräfte treten Spannungen an der Welle, insbesondere im Bereich der Schaufelfüße, auf. Die Spannungen können sich ebenfalls aus einer Schwingung der Laufschaufeln ergeben. Die Spannungen zeichnen sich dadurch aus, dass lokal begrenzte, hohe Spannungsspitzen auftreten. Strömt in der Dampfturbine ein korrosives Medium, wie beispielsweise der mit Schwefelwasserstoff versetzte Prozessdampf 10, so kann es in den Bereichen der Spannungsspitzen zu einer Spannungsrisskorrosion kommen. Herkömmlich ist die Welle aus einem Nickelstahl gefertigt, insbesondere mit einem Anteil von 3,5 Massenprozent Nickel, wobei der restliche Anteil im Wesentlichen Eisen ist. Nachteilig ist jedoch hierbei, dass der Nickelstahl anfällig gegen Spannungsrisskorrosion ist.

[0017] Gemäß der Erfindung ist der Ring 3 aus einem

korrosionsrissunanfälligen Material, bevorzugt ein Chromstahl, gefertigt. Der Ring ist mittels Schweißen auf die Welle 2 aufgebracht, wobei in der Figur zwischen der Welle 2 und dem Ring 3 eine Pufferlage 4 vorgesehen ist. Die Pufferlage 4 kann als eine Haftvermittlerschicht für eine bessere Anbindung des Rings 3 an die Welle 2 wirken. Die Pufferlage 4 kann auch eine im Betrieb der Dampfturbine auftretenden Differenzdehnung zwischen dem Ring 3 und der Welle 2 kompensieren. Prinzipiell kann der Ring 3 auch ohne das Vorsehen einer Pufferlage auf die Welle 2 aufgeschweißt sein.

[0018] Der Ring 3 ist in radialer Richtung derart dick ausgeführt, dass ein ausreichend großer Abstand von der Radialinnenseite der Nuten zu der Welle 2 vorgesehen werden kann. Bei dem ausreichend großen Abstand sind die Spannungen, die sich von den Schaufelfüßen bis zu der Welle 2 fortpflanzen derart homogen, dass Spannungsspitzen unterbunden sind, die zu einer Spannungsrisskorrosion führen können.

[0019] Es ist auch denkbar, an dem Rotor 1 eine Mehrzahl an Ringen für eine Mehrzahl an Laufschaufelkränzen vorzusehen. Dabei können die Ringe für die Laufschaufelkränze vorgesehen sein, die am stärksten durch Fliehkräfte und/oder Schwingungen belastet sind.

[0020] 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 Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Rotor für eine Strömungsmaschine, in welcher ein korrosives Fluid (9) strömbar ist, wobei der Rotor (1) eine Welle (2) und mindestens einen radial außenseitig um die Welle (2) stoffschlüssig angebrachten Ring (3) aufweist, der eingerichtet ist eine Mehrzahl an Laufschaufeln formschlüssig an die Welle (2) anzubinden, wobei die Welle (2) aus einem korrosionsrissanfälligen Material und der Ring (3) aus einem korrosionsrissunanfälligen Material hergestellt sowie in Radialrichtung derart dick ausgeführt ist, dass von dem Ring (3) auf die Welle (2) übertragene Spannungen in der Welle (2) derart homogen sind, dass eine Spannungsrisskorrosion der Welle (2) unterbunden ist.
2. Rotor gemäß Anspruch 1, wobei der Ring (3) Chromstahl aufweist.
3. Rotor gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Welle (2) Nickelstahl aufweist, insbesondere mit 3,5 Massenprozent Nickel.
4. Rotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei der Ring (3) mittels Schweißen stoffschlüssig an die Welle (2) angebracht ist.

5. Rotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,
wobei eine Pufferlage (4) zwischen der Welle (2) und dem Ring (3) vorgesehen ist. 5
6. Rotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei die Welle (2) einen umlaufenden Vorsprung (5) aufweist, an der der Ring (3) stoffschlüssig angebracht ist. 10
7. Strömungsmaschine,
die einen Rotor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 aufweist. 15
8. Strömungsmaschine gemäß Anspruch 7,
wobei die Strömungsmaschine eine Dampfturbine ist. 20
9. Strömungsmaschine gemäß Anspruch 8,
wobei die Strömungsmaschine den mindestens einen Ring (3) in der letzten, stromab liegenden Stufe der Strömungsmaschine aufweist. 25

30

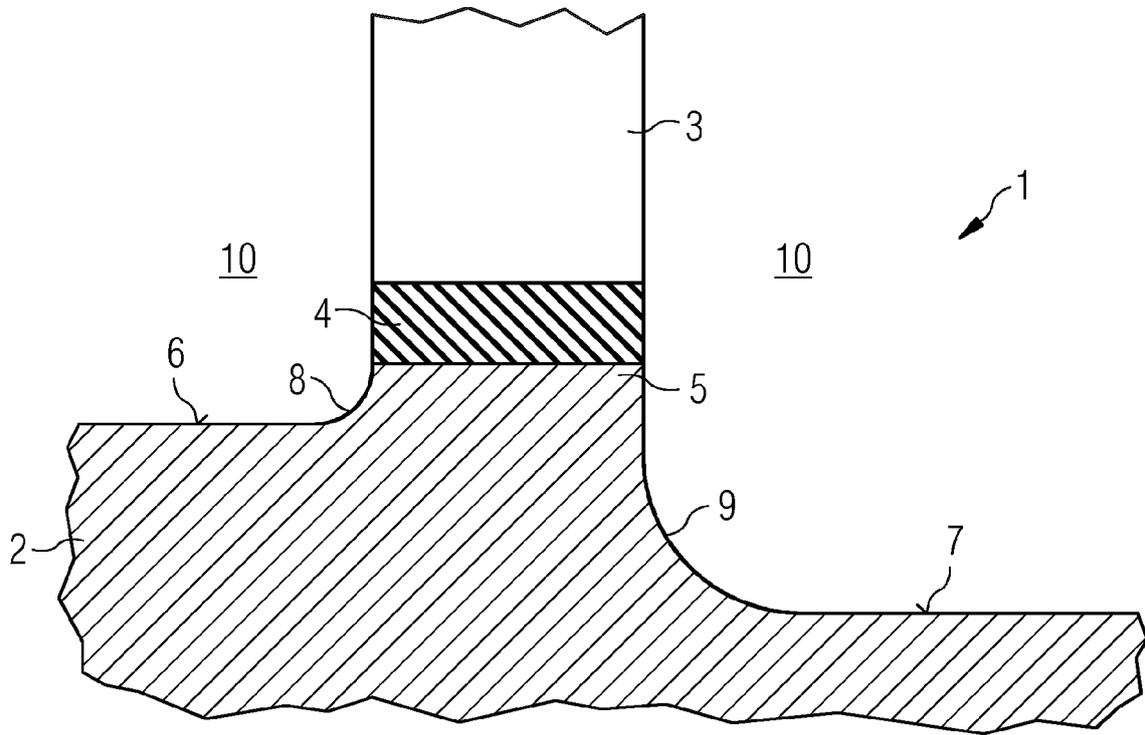
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 17 0472

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 207 259 A1 (BBC BROWN BOVERI & CIE [CH]) 7. Januar 1987 (1987-01-07) * das ganze Dokument *	1-9	INV. F01D5/02 F01D25/00
X	US 5 746 579 A (AMOS DENNIS RAY [US] ET AL) 5. Mai 1998 (1998-05-05) * Abbildungen 1,4 * * Spalte 2, Zeile 27 - Spalte 3, Zeile 33 *	1-9	
A	US 5 024 582 A (BELLOWS JAMES C [US] ET AL) 18. Juni 1991 (1991-06-18) * das ganze Dokument *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
2	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 25. Oktober 2012	Prüfer Herbiet, J
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 03/82 (P04/003)

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

EP 12 17 0472

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.

25-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0207259 A1	07-01-1987	DE 3521664 A1	18-12-1986
		EP 0207259 A1	07-01-1987
		JP 2077989 C	09-08-1996
		JP 7110415 B	29-11-1995
		JP 61289973 A	19-12-1986
		US 4710103 A	01-12-1987

US 5746579 A	05-05-1998	KEINE	

US 5024582 A	18-06-1991	CA 2049091 A1	15-02-1992
		DE 4126443 A1	20-02-1992
		ES 2049581 A1	16-04-1994
		IT 1251113 B	04-05-1995
		JP 4231177 A	20-08-1992
		US 5024582 A	18-06-1991

EPO FORM P0481

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