



(11)

EP 1 808 576 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2015 Patentblatt 2015/53

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 ^(2006.01)

F01D 5/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06000534.5**

(22) Anmeldetag: **11.01.2006**

(54) Turbinenwelle für eine Dampfturbine

Turbine shaft for a steam turbine

Arbre de turbine d'une turbine à vapeur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.07.2007 Patentblatt 2007/29

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Kern, Torsten-Ulf Dr**
46485 Wesel (DE)
• **Richter, Christoph Dr**
40470 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 521 664

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 09, 30. September 1996 (1996-09-30) & JP 08 128302 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 21. Mai 1996 (1996-05-21)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 012, Nr. 373 (C-534), 6. Oktober 1988 (1988-10-06) & JP 63 125581 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 28. Mai 1988 (1988-05-28)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 02, 29. Februar 1996 (1996-02-29) & JP 07 279604 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 27. Oktober 1995 (1995-10-27)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 010, Nr. 163 (M-487), 11. Juni 1986 (1986-06-11) & JP 61 016205 A (TOSHIBA KK), 24. Januar 1986 (1986-01-24)**

EP 1 808 576 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Welle für eine Dampfturbine, wobei die Welle eine auf wenigstens einen Teil der Oberfläche aufgebrachte Schutzschicht aufweist, wobei die Schutzschicht ein Lack ist sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Oberfläche und zumindest eine Wellenkerbe aufweisenden Welle.

[0002] Turbinenwellen für Strömungsmaschinen zählen zu den am stärksten thermisch und mechanisch belasteten Bauteilen. Unter der Sammelbezeichnung "Strömungsmaschinen" werden Wasserturbinen, Dampf- und Gasturbinen, Windräder, Kreiselpumpen und Kreiselerdichter sowie Propeller zusammengefasst. Allen diesen Maschinen ist gemeinsam, dass sie dem Zweck dienen, einem Fluid Energie zu entziehen, um damit eine andere Maschine anzutreiben oder umgekehrt einem Fluid Energie zuzuführen, um dessen Druck zu erhöhen. In der Strömungsmaschine ist die Energieumsetzung indirekt und nimmt stets den Weg über die kinetische Energie des Fluids. Am Beispiel einer Dampfturbine lässt sich das verfolgen. Das Strömungsmedium tritt in die Dampfturbine ein und strömt zunächst durch einen Kranz feststehender Leitschaufeln. Dabei erhöht sich die Geschwindigkeit und damit die kinetische Energie des Strömungsmediums auf Kosten seines Druckes oder exakter seiner potentiellen Energie. Zugleich entsteht durch die Form der Leitschaufeln eine Geschwindigkeitskomponente in der Umfangsrichtung des Laufrades. Im Laufrad gibt das Fluid seine kinetische Energie an den Läufer ab, indem die Richtung und oft auch der Betrag der Geschwindigkeit beim Durchströmen der von den Laufschaufeln gebildeten Kanäle verändert wird. Die dabei entstehenden Kräfte treiben das Laufrad an. Mit vermindertem Energiegehalt tritt das Strömungsmedium aus der Dampfturbine aus.

[0003] Dampfturbinen können für verschiedene Druckbereiche des Strömungsmediums ausgebildet werden. So sind z. B. Hochdruck-Teilturbinen, Mitteldruckteilturbinen und Niederdruckteilturbinen bekannt. Der in eine Hochdruck-Teilturbine strömende Dampf kann Temperaturen von über 600°C und einen Druck von über 300 bar aufweisen. Der in die Niederdruckteilturbine strömende Dampf hat vergleichsweise eine niedrige Temperatur um 40°C.

[0004] Wird bei der weitergehenden Entspannung des Dampfes in der Niederdruckteilturbine die Grenzkurze zum Nassdampfgebiet unterschritten, so entsteht zunächst ein unterkühlter Dampf, dessen Temperatur unter der zum Dampfdruck gehörigen Sättigungstemperatur liegt. In diesem instabilen Zustand ist der Dampf noch rein gasförmig, denn wegen des Fehlens so genannter Kondensationskerne bilden sich zunächst keine Flüssigkeitströpfchen. Bei einer bestimmten Unterkühlung setzt jedoch eine spontane Kondensation ein, die so rasch abläuft, dass man von einem Kondensationsstoß spricht. Die Nebeltröpfchen, die sich dabei bilden, die Primärtröpfchen, sind sehr klein. Auch bei der weiteren Expan-

sion wachsen sie durch die fortschreitende Kondensation kaum auf Durchmesser über etwa 0,2 µm an.

[0005] Durch die Stromlinienkrümmung in der Beschauelfung wird ein Teil der Feuchtigkeit auszentrifugiert und sammelt sich in Form eines Wasserfilms oder einzelner Wasserstrahlen auf den Hohlseiten der Leit- und Laufschaufeln. Von deren Hinterkante löst sich der Wasserfilm ab und bildet die größeren Sekundärtropfen mit Durchmessern bis zu etwa 400 µm. Noch größere Wasserteilchen sind in der Turbinenströmung nicht stabil, da sie wieder zerstäubt werden.

[0006] Die in Niederdruckteilturbinen eingesetzten Turbinenwellen sind einer hochzyklischen Schwingbelastung durch Umlaufbiegung in Folge Eigengewicht stark beansprucht. Die Dauerfestigkeit dieser Turbinenwellen wird besonders durch das Umgebungsmedium, insbesondere dem Strömungsmedium Dampf bestimmt. Dabei liegen einige Bereiche der Turbinenwelle im so genannten Nassdampfbereich.

[0007] Außer der Wirkungsgradminimierung hat die Anwesenheit flüssigen Wassers noch eine andere nachteilige Wirkung. Die metallischen Werkstoffe können angegriffen werden. Die so genannte Tropfenschlagerosion kann an den Eintrittskanten der Laufschaufeln auftreten. Im Nachlauf der Leitschaufeln, wo die Dampfgeschwindigkeit wegen des Grenzschichtinflusses plan ist, werden die Wassertropfen nur mäßig beschleunigt. Ihre Relativgeschwindigkeit ist wegen der hohen Umfangsgeschwindigkeit von Endstufenschaufeln dennoch groß. Beim Aufprall auf die Laufschaufel kann es zu einem Materialabtrag kommen, und zwar dann, wenn die Tropfen Durchmesser in der Größenordnung von 50 bis 400 µm haben. Wesentlich kleinere Tropfen sind harmlos und größere kommen nicht vor.

[0008] Der Einfluss des Nassdampfes, der zur Tropfenschlagerosion an den Eintrittskanten der Laufschaufeln führt, ist auch auf der Welle bemerkbar. Der Nassdampf führt zu einem starken Abfall der Dauerfestigkeit von Turbinenwellen. Schätzungen haben gezeigt, dass die Dauerfestigkeit um einen Faktor 3 absinken kann gegenüber einer Turbinenwelle, die als Umgebungsmedium Luft erfährt.

[0009] Der Dauerfestigkeitsreduzierung der Turbinenwelle durch Nassdampf wurde bislang dahingehend begegnet, dass die Turbinenwelle derart konstruiert wurde, dass der Einfluss von Nassdampf minimiert wird. Allerdings kann durch andere Konstruktionen das Problem der Dauerfestigkeitsreduzierung durch Nassdampf nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine andere bekannte Maßnahme ist es, Stellen an der Turbinenwelle, die besonders durch den Nassdampf hinsichtlich Korrosion belastet werden, zu rolieren. Das Rolieren führt zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit an der kritischen Stelle, ohne den Zutritt des Mediums Nässe an die metallische Oberfläche zu verhindern. Der Effekt beruht auf der Einbringung von Druckeigenspannungen, die die Betriebsspannungen infolge Überlagerung reduzieren. Das Rolieren erfordert allerdings einen nicht zu vernachlässi-

genden Aufwand, der zu hohen Kosten bei der Herstellung der Turbinenwelle führt.

[0010] In der JP 08 128302 A wird eine Turbinenwelle mit einem Schutzfilm offenbart.

[0011] In der JP 07 279604 A wird eine Turbinenwelle mit einer Aluminiumschicht offenbart.

[0012] Wünschenswert wäre es, eine Möglichkeit zu finden, um den Einfluss von Nassdampf auf die Dauerfestigkeit von Turbinenwellen zu minimieren.

[0013] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Welle für eine Dampfturbine anzugeben, deren Dauerfestigkeitsreduzierung durch Nassdampf wirksam begegnet werden kann. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Oberfläche und zumindest eine Wellenkerbe aufweisenden Welle anzugeben, wobei die Dauerfestigkeitsreduzierung durch Nassdampf wirksam begegnet wird.

[0014] Die auf die Welle hin gerichtete Aufgabe wird gemäß den Anspruch 1 gelöst, indem auf wenigstens einen Teil der Oberfläche eine Schutzschicht aufgebracht wird, wobei die Schutzschicht ein Lack ist, der ein Hochtemperaturlack ist und für Temperaturen bis über 600°C geeignet ist.

[0015] Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, dass dem Einfluss des Nassdampfes im Wesentlichen durch eine wirksame Schutzschicht begegnet werden kann. Die Stellen, die besonders durch den Nassdampf belastet werden, d. h. die Dauerfestigkeit wird durch Nassdampf infolge Spannungsrisskorrosion stark reduziert, werden auf wenigstens einen Teil der Oberfläche mit einer Schutzschicht beaufschlagt. Die Schutzschicht hat die Wirkung, dass die kleinen Tröpfchen des Nassdampfes an der Lackoberfläche abperlen, ohne diese dabei wesentlich zu beschädigen. In jedem Fall wird die spannungsbeaufschlagte Oberfläche des Turbinenwellen-Materials durch die Anwesenheit des Nassdampfes nicht beeinflusst, da gerade die Oberfläche aufgrund der hohen Spannung dort einen wesentlichen Einfluss auf die Dauerfestigkeit der gesamten Turbinenwelle ausübt. Dadurch ist eine Reduzierung der Dauerfestigkeit in Folge des korrosiven Angriffs von Tröpfchen aus dem Nassdampf wirksam begegnet.

[0016] Vorteilhaft ist es, den Lack in Wellenachsrichtung gesehen in einem axialen Abschnitt über den gesamten Umfang anzubringen. Da die Turbinenwelle in der Regel mit hohen Drehzahlen, 50 Hz bzw. 60 Hz, betrieben wird, üben die Tröpfchen aus dem Nassdampf einen Einfluss auf den gesamten Umfang der Wellenoberfläche aus. Daher ist es von Vorteil, wenn die Welle über den gesamten Umfang hinweg mit diesem Lack versehen wird.

[0017] Die Erfindung geht auch von dem Aspekt aus, dass es nicht notwendig erscheint, die gesamte Turbinenwellenoberfläche mit der Schutzschicht aus Kostengründen zu versehen. Vielmehr liegt der Gedanke zugrunde, lediglich an den höchstbeanspruchten Stellen, an denen die Dauerfestigkeit durch Nassdampf reduziert

werden würde, mit dem Lack erfindungsgemäß zu behandeln.

[0018] Vorteilhafterweise wird die Schutzschicht an einer Wellenkerbe aufgebracht. Es hat sich gezeigt, dass besonders eine Welle, die Wellenkerben aufweist, genau an diesen Stellen durch Nassdampf infolge Spannungsrisskorrosion (SpRK) belastet wird. Insbesondere wird die Dauerfestigkeit an den Wellenkerben durch Nassdampf reduziert.

[0019] Die Wellenkerbe ist hierbei zwischen einem ersten Bereich der Welle mit einem ersten Radius und einem zweiten Bereich der Welle mit einem zweiten Radius angeordnet. Der erste Radius ist gegenüber dem zweiten Radius verschieden. Die Wellenkerbe weist darüber hinaus einen Kerbradius auf.

[0020] Unter einem Lack im Sinne dieser Erfindung ist ein Lack oder ein lackähnlicher Stoff zu verstehen, der zur gezielten Beschichtung einzelner lokaler Bereiche verwendet wird und seine hohe Schutzwirkung, wie z. B. die Haftfestigkeit, die Dichte und/oder chemische Beständigkeit durch eine anschließende Wärmebehandlung erhält. Die Wärmebehandlung erfolgt derartig, dass der Grundwerkstoff in seiner Festigkeit nicht beeinflusst wird. Der Lack oder lackähnliche Stoff ist bis zu Temperaturen von über 600°C einsetzbar und bleibt nach dem Einbrennen auf der Turbinenwelle ausreichend elastisch. Dadurch ist es vorteilhaft, wenn als Lack ein Hochtemperaturlack verwendet wird und dieser bei Temperaturen bis über 600°C geeignet ist.

[0021] Die auf das Verfahren hin gerichtete Aufgabe wird gemäß den Anspruch 5 gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Oberfläche und zumindest eine Wellenkerbe aufweisenden Welle, wobei auf die Wellenkerbe ein Lack aufgebracht wird und anschließend eine Wärmebehandlung erfolgt.

[0022] Die Vorteile des Verfahrens entsprechen den bei der Vorrichtung erwähnten Vorteilen. Daher wird an dieser Stelle zu den Ausführungen zur Welle verwiesen.

[0023] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Wärmebehandlung folgende Schritte umfasst: Erwärmen auf 430°C - 450°C, Haltezeit 0,1h bis 3h und ein Abkühlen mit 20°C - 80°C/h auf 300°C.

[0024] Die Erfinder haben erkannt, dass mit den vorgenannten Temperaturwerten und Zeiten die Schicht besonders wirksam aufgebracht werden kann. Insbesondere ist die Schutzwirkung, wie z. B. die Haftfestigkeit, die Dichte oder die chemische Beständigkeit besonders hoch.

[0025] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Dabei haben mit demselben Bezugszeichen versehene Komponenten die gleiche Funktionsweise.

[0026] Dabei zeigen:

Figur 1 eine Schnittdarstellung durch einen Teil einer Niederdruckteilturbine;

Figur 2 eine Seitenansicht einer Turbinenwelle;

Figur 3 eine Seitenansicht eines Teiles einer Welle mit Wellenkerbe.

[0027] In der Figur 1 ist eine Niederdruckteilturbine 1 in einer Schnittdarstellung gezeigt. Die Niederdruckteilturbine 1 weist um eine Rotationsachse 2 symmetrisch ausgebildete Turbinenwelle 3 auf. Die Turbinenwelle 3 weist verschiedene Radien auf, die zur Mitte 4 der Turbinenwelle hin größer werden. Auf die Turbinenwelle 3 sind so genannte Radscheiben 5 aufgebracht. Der Übersichtlichkeit wegen sind lediglich zwei Radscheiben 5 mit dem Bezugszeichen 5 versehen. Die Radscheiben 5 werden in der Regel durch Aufschrupfen auf die Turbinenwelle 3 angeordnet. Auf die Radscheiben 5 werden die Laufschaufeln 6 angebracht. Besonders im Niederdruckteil einer Dampfturbine sind die Laufschaufeln 6 lang und können Werte von über 1,20 m betragen. Ebenfalls rotationssymmetrisch um die Rotationsachse 2 ist das Innengehäuse 7 ausgebildet. Das Innengehäuse 7 trägt die Leitschaufeln 8. Der Übersichtlichkeit wegen sind lediglich zwei Leitschaufeln 8 mit dem Bezugszeichen 8 versehen. Durch nicht näher dargestellte Einstromkanäle strömt Niederdruckdampf in die Niederdruckteilturbine 1 und strömt im Strömungskanal 9 in die Richtung 10 und 11. Die Temperatur und der Druck des Dampfes werden dabei gesenkt, wobei es nicht auszuschließen ist, dass dadurch der Dampf "nass" wird und Tröpfchen gebildet werden.

[0028] Die Welle 3 wird durch die Energieumsetzung in Rotation versetzt. Der Niederdruckdampf strömt anschließend aus dem Abströmbereich 12 aus der Dampfturbine heraus. Der Niederdruckdampf wird hierbei in einem Diffusorgehäuse 13 umgelenkt und zu einem Kondensator geführt, wo der Dampf zu Wasser kondensiert.

[0029] In der Figur 2 ist die Welle 3 einer Niederdruckteilturbine 1 dargestellt. Die Niederdruckwelle 3 weist in ihrer Längsrichtung verschiedene Durchmesser auf. Dabei kann die Turbinenwelle 3 spiegelsymmetrisch zur Spiegelachse 14 ausgebildet sein. Allerdings muss die Turbinenwelle nicht zwingend spiegelsymmetrisch zur Spiegelachse 14 ausgebildet sein. Die verschiedenen Durchmesser d_0 , d_1 , d_2 , d_3 , d_4 und d_5 sind voneinander unterschiedlich. Die Durchmesser d_0 bis d_5 links der Spiegelachse 14 sind in der Regel gleich groß wie die Durchmesser d_5 bis d_0 auf der rechten Seite der Spiegelachse. Dies ist allerdings nicht zwingend erforderlich, insbesondere können die Durchmesser leicht unterschiedlich sein.

[0030] Die Turbinenwelle 3 weist dadurch eine Oberfläche auf, die sozusagen unstetig verläuft.

[0031] Zwischen einem ersten Bereich 16 der Welle 3 mit einem Radius d_4 und einem zweiten Bereich 17 der Welle mit einem zweiten Radius d_5 ist ein unstetiger Übergang, wobei zwischen diesen beiden Bereichen 16, 17 eine Wellenkerbe 18 ausgebildet ist. In der Figur 2 ist die Wellenkerbe mit einem Kreis 19 der Übersichtlichkeit

wegen besser kenntlich gemacht.

[0032] Die Bereiche 16 und 17 mit den Radien d_4 bzw. d_5 sind lediglich beispielhaft aufgeführt. Wellenkerben treten selbstverständlich überall dort auf, wo zwei unterschiedliche Bereiche mit zwei unterschiedlichen Radien sind. Weitere Beispiele wäre der Übergang von dem Bereich mit dem Durchmesser d_1 zu dem Bereich mit dem Durchmesser d_2 oder der Übergang des Bereiches mit dem Durchmesser d_3 zu dem Bereich mit dem Durchmesser d_4 . Um dennoch in der Figur 2 deutlich zu machen, an welchen Stellen die Turbinenwelle besonders durch den Einfluss des Nassdampfes stark belastet wird, sind durch Kreise 19 die Wellenkerben kenntlich gemacht.

[0033] Die Welle 3 ist für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine Niederdruckteilturbine 1 einsetzbar. Wenigstens auf einen Teil der Oberfläche 15 wird eine Schutzschicht 20 aufgebracht.

[0034] Die Schutzschicht kann ein Lack sein oder aus einem Material mit elastischen Eigenschaften, wie z. B. Gummi bestehen.

[0035] In Wellenachsrichtung 21 gesehen ist die Schutzschicht in einem axialen Abschnitt, beispielsweise zwischen 17 und 18 über den gesamten Umfang der Welle angebracht.

[0036] Die Wellenkerbe weist einen Kerbradius 23 auf und stellt somit einen stetigen Übergang vom Radius d_4 beispielsweise zum Radius d_5 . Der Verlauf der Wellenkerbe 18 muss nicht zwingend einem Kreissegment entsprechen, vielmehr soll der Begriff Kerbradius 23 dahin verstanden werden, dass der erste Bereich 16 und der zweite Bereich 17, die unterschiedliche Radien d_4 bzw. d_5 aufweisen, nicht unstetig ineinander übergehen, d. h. der Wellenradius d_4 ändert sich im Bereich 22 vom Radius d_4 zu einem unter Umständen von d_5 unterschiedlichen Radius.

[0037] Unter Lack ist ein Lack oder lackähnlicher Stoff zu verstehen, der zur gezielten Beschichtung einzelner lokaler Bereiche verwendet werden kann und seine hohe Schutzwirkung, z. B. Haftfestigkeit, Dichte, chemische Beständigkeit durch eine anschließende Wärmebehandlung erhält. Die Wärmebehandlung erfolgt derartig, dass der Grundwerkstoff in seiner Festigkeit nicht beeinflusst wird. Der Lack ist bis über 600° schützend und bleibt nach dem Einbrennen ausreichend elastisch.

[0038] In einem Verfahren zum Herstellen einer Oberfläche und zumindest eine Wellenkerbe aufweisende Welle 3 weist die Wärmebehandlung folgende Schritte auf:

Erwärmen auf 430°C - 450°C, Haltezeit 0,1h bis 3h und Abkühlen mit 20°C - 80°C/h auf 300°C.

Patentansprüche

1. Welle (3) für eine Dampfturbine, wobei die Welle (3) eine auf wenigstens einen Teil

der Oberfläche (15) aufgebrachte Schutzschicht (20) aufweist,
wobei die Schutzschicht (20) ein Lack ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Lack (20) ein Hochtemperaturlack ist und bei
Temperaturen bis über 600° C geeignet ist.

2. Welle (3) nach Anspruch 1,
wobei die Schutzschicht (20) in Wellenachsrichtung
(21) gesehen in einem axialen Abschnitt (16, 17, 22)
über den gesamten Umfang angebracht ist.
3. Welle (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Welle (3) eine Wellenkerbe (18), auf die
die Schutzschicht (20) angebracht ist, aufweist.
4. Welle (3) nach Anspruch 3,
wobei die Wellenkerbe (18) zwischen einem ersten
Bereich (16) der Welle (3) mit einem ersten Radius
(d4) und einem zweiten Bereich (17) der Welle (3)
mit einem zweiten Radius (d5) angeordnet ist,
wobei der erste Radius (d4) und der zweite Radius
(d5) unterschiedlich sind, wobei die Wellenkerbe
(18) einen Kerbradius (23) aufweist.
5. Verfahren zur Herstellung einer Oberfläche (15)
und zumindest eine Wellenkerbe (18) aufweisenden
Welle (3) nach einem der Ansprüche 1-4,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf die Wellenkerbe (18) ein Lack (20) aufgebracht
wird und anschließend eine Wärmebehandlung er-
folgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
wobei die Wärmebehandlung folgende Schritte um-
fasst:

Erwärmen auf 430°C - 450°C, Haltezeit 0,1h bis
3h und Abkühlen mit 20°C - 80°C/h auf 300°C.

Claims

1. Shaft (3) for a steam turbine,
wherein the shaft (3) has a protective layer (20) ap-
plied to at least part of the surface (15),
wherein the protective layer (20) is a coating,
characterized in that
the coating (20) is a high-temperature coating and
is suitable for temperatures up to and above 600°C.
2. Shaft (3) according to Claim 1,
wherein the protective layer (20) is applied over the
entire circumference as seen in the shaft axial direc-
tion (21) in an axial section (16, 17, 22).
3. Shaft (3) according to either of the preceding claims,

wherein the shaft (3) has a shaft fillet (18) onto which
the protective layer (20) is applied.

4. Shaft (3) according to Claim 3,
wherein the shaft fillet (18) is arranged between a
first region (16) of the shaft (3) having a first radius
(d4) and a second region (17) of the shaft (3) having
a second radius (d5),
wherein the first radius (d4) and the second radius
(d5) are different, wherein the shaft fillet (18) has a
fillet radius (23).
5. Method for producing a shaft (3), according to one
of Claims 1 to 4, having a surface (15) and at least
one shaft fillet (18),
characterized in that
a coating (20) is applied to the shaft fillet (18), which
is followed by a heat treatment.
6. Method according to Claim 5,
wherein the heat treatment comprises the following
steps:

heating to 430°C - 450°C, holding time 0.1h to
3h and cooling at 20°C/h - 80°C/h to 300°C.

Revendications

1. Arbre (3) de turbine à vapeur,
dans lequel l'arbre (3) a une couche (20) de protec-
tion déposée sur au moins une partie de la surface
(15),
la couche (20) de protection étant un vernis,
caractérisé en ce que
le vernis (20) est un vernis résistant à une tempéra-
ture haute et est approprié à des températures allant
au-delà de 600°C.
2. Arbre (3) suivant la revendication 1,
dans lequel la couche (20) de protection est mise,
considérée dans la direction (21) de l'axe de l'arbre,
dans une partie (16, 17, 22) axiale sur tout le pour-
tour.
3. Arbre (3) suivant l'une des revendications précéden-
tes,
dans lequel l'arbre (3) a une rainure (18) sur laquelle
est mise la couche (20) de protection.
4. Arbre (3) suivant la revendication 3,
dans lequel la rainure (18) de l'arbre est disposée
entre une première partie (16) de l'arbre (3) ayant
un premier rayon (d4) et une deuxième partie (17)
de l'arbre (3) ayant un deuxième rayon (d5),
le premier rayon (d4) et le deuxième rayon (d5) étant
différents, la rainure (18) de l'arbre ayant un rayon
(23) de rainure.

5. Procédé de fabrication d'un arbre (3) suivant l'une des revendication 1 à 4 ayant une surface (15) et au moins une rainure (18),
caractérisé en ce que
on dépose un vernis (20) sur la rainure (18) de l'arbre 5
et on effectue ensuite un traitement thermique.

6. Procédé suivant la revendication 5,
dans lequel le traitement thermique comprend les stades suivants : 10

Chauffage jusqu'à 430°C à 450°C, temps de maintien pendant 0,1h à 3h et refroidissement à 20°C à 80°C/h jusqu'à 300°C.

15

20

25

30

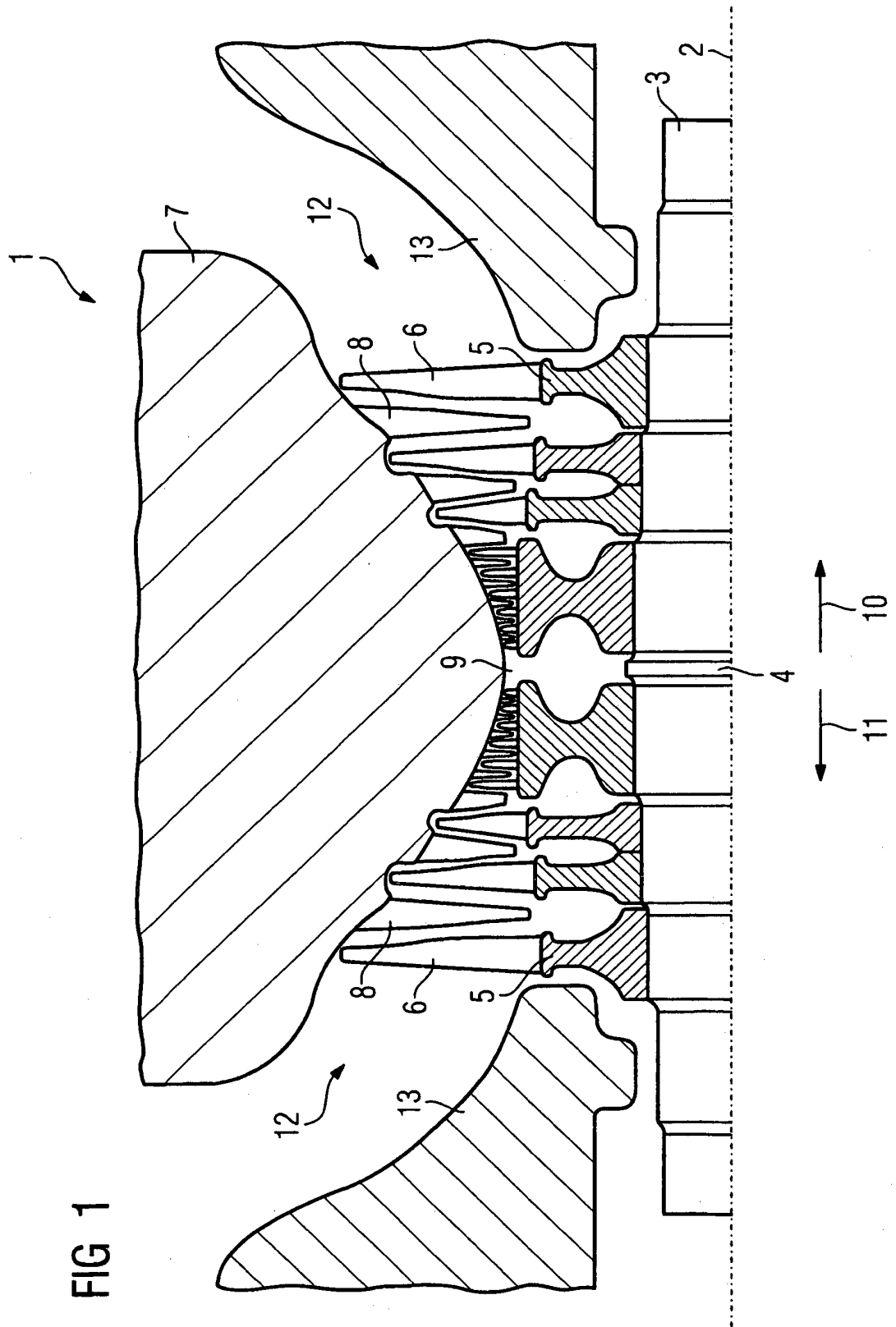
35

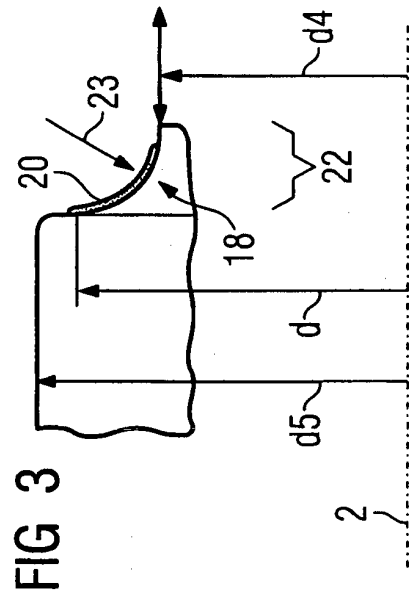
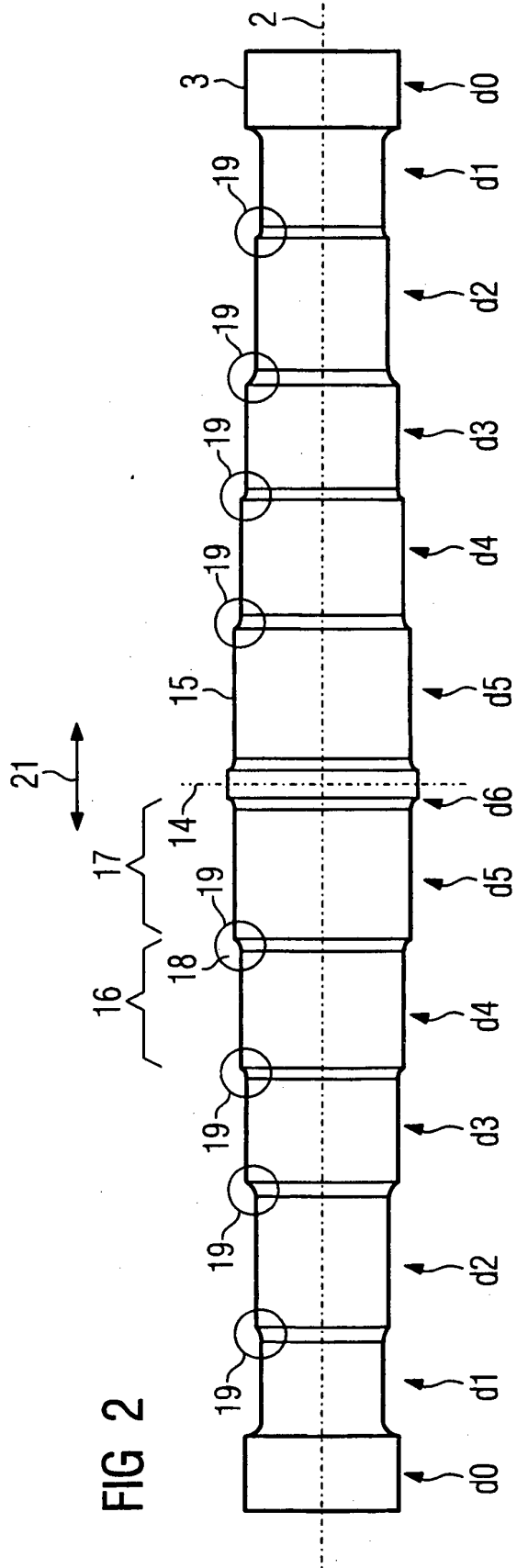
40

45

50

55





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

- JP 8128302 A [0010]
- JP 7279604 A [0011]