

(19)



(11)

EP 2 462 320 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.10.2016 Patentblatt 2016/41

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10754675.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2010/000920

(22) Anmeldetag: **05.08.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/015193 (10.02.2011 Gazette 2011/06)

(54) **SCHAUFELBLATT**

BLADE

AUBE

(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 SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **06.08.2009 DE 102009036406**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.06.2012 Patentblatt 2012/24

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **ELORZA GOMEZ, Sergio**
80997 München (DE)

- **SELMEIER, Rudolf**
85777 Fahrenzhausen (DE)
- **SCHÜTTE, Wilfried**
82041 Oberhaching (DE)
- **EIBELSHÄUSER, Peter**
81247 München (DE)
- **PASSRUCKER, Harald**
A-5023 Salzburg (AT)
- **DUPSLAFF, Manfred**
82223 Eichenau (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 591 624 EP-A1- 1 712 737
DE-A1- 19 913 269 US-B1- 6 283 705

EP 2 462 320 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Schaufelblatt einer Strömungsmaschine, insbesondere eine verstellbare Leitschaufel einer Gasturbine, mit mindestens einer Aufdickung auf einer Druckseite des Schaufelblattprofils, wobei die Aufdickung in einem radial außenliegenden, gehäuseseitigen Bereich des Schaufelblatts angeordnet ist.

[0002] Derartige Schaufelblätter für Strömungsmaschinen sind aus der DE 28 41 616, der DE 10 2004 026 386 und der EP 0 789 447 B1 bekannt. Die offenbarten Aufdickungen der Schaufelblätter dienen insbesondere zur Minimierung der so genannten Sekundärströmungsverluste. Die Aufdickung des Schaufelblatts ist dabei jeweils im gehäuse- und/oder nabenseitigen Saug- und Druckbereich des Schaufelblatts ausgebildet. Die bekannten Aufdickungen des Schaufelprofils im gehäuseseitigen Bereich sind zudem notwendig, um die an der Gehäuseseite von verstellbaren Leitschaufeln von Verdichtern häufig auftretenden hohen statischen Spannungen entgegenzuwirken. Die bekannten umlaufenden, d. h. auf der Saug- und Druckseite ausgebildeten Aufdickungen weisen jedoch aerodynamische Nachteile auf. Aus der EP 1591624 ist eine weitere Verdichterschaufel mit einer Aufdickung bekannt.

[0003] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Schaufelblatt der eingangs genannten Art bereitzustellen, welches eine relativ dünne, aerodynamisch günstige Schaufelprofil bei gleichzeitig verbesserter Festigkeit aufweist.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Schaufelblatt gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen beschrieben.

[0006] Ein erfindungsgemäßes Schaufelblatt einer Strömungsmaschine, insbesondere eine verstellbare Leitschaufel einer Gasturbine, umfasst mindestens eine Aufdickung auf einer Druckseite des Schaufelblattprofils, wobei die Aufdickung in einem radial außenliegenden, gehäuseseitigen Bereich des Schaufelblatts angeordnet ist und die Aufdickung von einer Vorderkante und einer Hinterkante des Schaufelblatts jeweils beabstandet ausgebildet ist. Erfindungsgemäß wird auf eine vollumfängliche Aufdickung der radial außenliegenden, gehäuseseitigen Bereiche der Schaufelblätter verzichtet. Vorteilhafterweise können somit dünne, aerodynamisch günstige Schaufelblattprofile ausgelegt werden, die aufgrund der lokal ausgeprägten Aufdickung dennoch die geforderte Festigkeit aufweisen. Dadurch können zudem Spannungen im Bereich der Gehäuseseite, insbesondere hohe statische Spannungen, die im Bereich eines gehäuseseitigen Drehtellers bei verstellbaren Schaufelblättern auftreten, minimiert werden. Durch eine optimierte Ausformung der Aufdickung ist es zudem möglich, dass lokal der statische Druck im druckseitigen Bereich einer erfindungsgemäß ausgebildeten Leitschaufel reduziert werden kann. Dadurch verringert sich vorteilhaft

terweise die Intensität der Spaltströmung in diesen Bereich.

[0007] In vorteilhaften Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Schaufelblatts ist die Aufdickung als konvexe Kontur innerhalb der insgesamt konkaven Kontur der Druckseite des Schaufelblattprofils ausgebildet. Die konvexe Kontur bzw. die zumindest teilweise konvexe Ausgestaltung der Aufdickung hat sich als strömungsmechanisch vorteilhaft erwiesen. Zudem kann die Aufdickung im gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts ihre größte Profildicke aufweisen. Dabei kann die Profildicke der Aufdickung ausgehend von der größten Profildicke kontinuierlich bis zu einer normalen Profildicke des Schaufelblattprofils ohne Aufdickung abnehmen. Auch diese Ausgestaltungen der Aufdickung haben sich als besonders vorteilhaft hinsichtlich der strömungsmechanischen Anforderungen in diesem Bereich erwiesen.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Schaufelblatts erstreckt sich die Aufdickung maximal bis zu einer Höhe von dem gehäuses- und druckseitigen Bereich des Schaufelblatts, die 25 % der Schaufelblatthöhe entspricht. Es hat sich herausgestellt, dass eine derartige Dimensionierung der Aufdickung die notwendige Festigkeit des Schaufelblatts im gehäuseseitigen Bereich gewährleistet. Zudem können überwiegende Bereiche des Schaufelblatts ein relativ dünnes, aerodynamisch optimiertes Schaufelblattprofil aufweisen.

[0009] In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Schaufelblatts beträgt der Abstand zwischen der Vorderkante des Schaufelblatts und der Aufdickung im gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts mindestens 15 % einer Sehnenlänge des Schaufelblatts in diesem Endbereich. Zudem kann die konvexe Kontur der Aufdickung an den Enden der Aufdickung jeweils tangential zur konkaven Kontur der Druckseite des Schaufelblattprofils verlaufen. Die Aufdickung kann zumindest teilweise wulst- oder höckerförmig ausgebildet sein. Auch diese Ausgestaltungsmöglichkeiten der Aufdickung beinhalten die Möglichkeit der Ausbildung eines aerodynamisch günstigen Schaufelprofils bei einer gleichzeitig verbesserten Festigkeit des Schaufelblatts zum Ausgleich von gehäuseseitig auftretenden Spannungen.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Schaufelblatt ist gehäuseseitig mit einem in einem Gehäuse der Strömungsmaschine drehbar gelagerten Drehteller verbunden. Dabei kann die Vorderkante des Schaufelblatts vollständig innerhalb des Durchmessers des Drehtellers angeordnet sein. Die Hinterkante des Schaufelblatts ragt über den Drehteller hinaus, und die Aufdickung endet außerhalb des Durchmessers des Drehtellers. Dadurch können insbesondere Spannungen am Rand des Drehtellers gezielt reduziert werden.

[0011] Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer Statorund/oder Rotorbeschaufelung umfasst eine Vielzahl von Schaufel-

blättern gemäß den im vorhergehenden beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen. Ein erfindungsgemäßer Verdichter einer Strömungsmaschine, insbesondere ein Hochdruckverdichter einer Gasturbine, umfasst eine Statorbeschaufelung mit einer Vielzahl von Schaufelblättern gemäß einem der im Vorhergehenden beschriebenen Ausführungsbeispiele.

[0012] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zweiter zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele. Dabei zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Schaufelblatts ohne Aufdickung gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Schaufelblatts;

Figur 3 eine schematische Darstellung eines auf einem Drehteller angeordneten Schaufelblatts ohne Aufdickung gemäß dem Stand der Technik; und

Figur 4 eine schematische Darstellung eines auf einem Drehteller angeordneten erfindungsgemäßen Schaufelblatts gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0013] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Schaufelblatts 10 ohne Aufdickung gemäß dem Stand der Technik. Das Schaufelblatt 10 weist eine übliche Schaufelblattkontur 16 auf, wobei die Schaufelblattkontur 16 auf der Druckseite D des Schaufelblatts 10 insgesamt konkav und auf der Saugseite S des Schaufelblatts 10 insgesamt konvex ausgebildet ist. Die Sehnenlänge Se des Schaufelblatts 10 wird üblicherweise als linearer Abstand zwischen der Vorderkante 12 und der Hinterkante 14 des jeweiligen Profilschnitts definiert.

[0014] Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Schaufelblatts 10, die nicht zum Gegenstand der Erfindung gehört. Bei dem Schaufelblatt 10 handelt es sich um ein Schaufelblatt einer Strömungsmaschine, insbesondere um eine verstellbare Leitschaufel einer Gasturbine. Man erkennt, dass das Schaufelblatt 10 eine Aufdickung 18 auf einer Druckseite D des Schaufelblattprofils P aufweist, wobei die Aufdickung 18 in einem radial außenliegenden, gehäuseseitigen Bereich des Schaufelblatts 10 angeordnet ist. In dieser Darstellung ist das Gehäuse nicht dargestellt. Das Schaufelblattprofil P wird durch eine Schaufelblattkontur 16 ausgebildet und definiert. Dabei wird deutlich, dass die Aufdickung 18 als konvexe Kontur 20 innerhalb der insgesamt konkaven Kontur der Druckseite D des Schaufelblattprofils P ausgebildet ist. Die Erstreckung E der Aufdickung 18 ist dabei derart gewählt, dass die Aufdickung 18 insgesamt von der Vorderkante 12 und der Hinterkante 14 des Schaufelblatts 10 jeweils beabstandet ausgebildet ist.

Dabei beträgt der Abstand zwischen der Vorderkante 12 und der Aufdickung 18 in dem gezeigten gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts 10 ca. 15 % der Sehnenlänge Se des Schaufelblatts 10 in diesem Endbereich. Dieser Abstand ist mit Se_{15} gekennzeichnet.

[0015] Des Weiteren erkennt man, dass die Aufdickung 18 im gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts 10 ihre größte Profildicke d_{max} aufweist. Ausgehend von dieser größten Profildicke d_{max} nimmt die Profildicke d in Richtung des dem gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts 10 gegenüberliegenden Endbereichs - üblicherweise ein Nabenbereich einer Strömungsmaschine - kontinuierlich bis zu einer normalen Profildicke d_{norm} des Schaufelblattprofils P ohne Aufdickung 18 hin ab. Weiterhin wird deutlich, dass die konvexe Kontur 20 der Aufdickung 18 an den Enden der Aufdickung 18 tangential zur konkaven Kontur der Druckseite D des Schaufelblattprofils P verläuft. Man erkennt, dass die Aufdickung 18 zumindest teilweise höckerförmig ausgebildet ist.

[0016] Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines auf einem Drehteller 22 angeordneten Schaufelblatts 10 ohne Aufdickung gemäß dem Stand der Technik. Das Schaufelblatt 10 ist dabei derart auf dem Drehteller 22 angeordnet, dass dessen Vorderkante 12 auf dem Drehteller 22 und dessen Hinterkante 14 über den Durchmesser des Drehtellers 22 hinausragt.

[0017] Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung eines auf einem Drehteller 22 angeordneten Schaufelblatts 10 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Der Drehteller 22 dient dabei zur Verstellung des Schaufelblatts 10 und ist innerhalb eines Gehäuses der Strömungsmaschine drehbar gelagert. Das Schaufelblatt 10 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel derart auf dem Drehteller 22 angeordnet, dass dessen Vorderkante 12 des Schaufelblatts 10 auf dem Drehteller 22 und dessen Hinterkante 14 über den Durchmesser des Drehtellers 22 hinausragt. Es wird wiederum deutlich, dass die Aufdickung 18 von der Vorderkante 12 und der Hinterkante 14 des Schaufelblatts 10 beabstandet ausgebildet ist. Im dargestellten gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts 10 weist die Aufdickung 18 ihre größte Profildicke d_{max} auf. Die Profildicke d der Aufdickung 18 nimmt wiederum ausgehend von der größten Profildicke d_{max} kontinuierlich bis zu einer normalen Profildicke d_{norm} des Schaufelblattprofils P hin ab. Des Weiteren wird deutlich, dass sich die Aufdickung 18 maximal bis zu einer Höhe von dem gehäuse- und druckseitigen Bereich des Schaufelblatts 10 erstreckt, die 25 % der Schaufelblatthöhe Sh entspricht. Aus dieser Darstellung des Schaufelblattprofils P wie auch der in Figur 2 gezeigten Darstellung wird deutlich, dass die größte Profildicke d_{max} der Aufdickung 18 über die gedachte Linie der Sehnenlänge Se hinausragt. Dabei weist die in Figur 4 gezeigte Aufdickung 18 relativ zu der in Figur 2 dargestellten Aufdickung 18 eine größere Erstreckung E über die Druckseite D des Schaufelblatts 10 auf. Des Weiteren wird deutlich, dass die Aufdickung 18 außerhalb des

Durchmessers des Drehtellers 22 endet.

[0018] Das gezeigte Ausführungsbeispiel ist Teil einer Statorbeschaufelung eines Verdichters einer Strömungsmaschine, insbesondere eines Hochdruckverdichters einer Gasturbine.

Patentansprüche

1. Schaufelblatt einer Strömungsmaschine, insbesondere verstellbare Leitschaufel einer Gasturbine, mit mindestens einer Aufdickung (18) auf einer Druckseite (D) des Schaufelblattprofils (P), wobei die Aufdickung (18) in einem radial außenliegenden, gehäuseseitigen Bereich des Schaufelblatts (10) angeordnet ist, wobei die Aufdickung (18) von einer Vorderkante (12) und einer Hinterkante (14) des Schaufelblatts (10) beabstandet ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaufelblatt (10) gehäuseseitig mit einem in einem Gehäuse drehbar gelagerten Drehteller (22) verbunden ist, wobei die Hinterkante (14) über den Drehteller (22) hinausragt und die Aufdickung (18) außerhalb des Durchmessers des Drehtellers
2. Schaufelblatt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufdickung (18) als konvexe Kontur (20) innerhalb der insgesamt konkaven Kontur der Druckseite (D) des Schaufelblattprofils (P) ausgebildet ist.
3. Schaufelblatt nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufdickung (18) im gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts (10) ihre größte Profildicke ($d_{\max}$) aufweist.
4. Schaufelblatt nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Profildicke (d) der Aufdickung (18) ausgehend von der größten Profildicke ($d_{\max}$) kontinuierlich bis zu einer normalen Profildicke (d_{norm}) des Schaufelblattprofils (P) ohne Aufdickung (18) abnimmt.
5. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Aufdickung (18) maximal bis zu einer Höhe von dem gehäuse- und druckseitigen Bereich des Schaufelblatts (10) erstreckt, die 25% der Schaufelblatthöhe (Sh) entspricht.
6. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen der Vorderkante (12) des Schaufelblatts (10) und der Aufdickung (18) im gehäuseseitigen Endbereich des Schaufelblatts (10) mindestens 15% einer Sehnenlänge (Se) des Schaufelblatts (10) in diesem Endbereich entspricht.

7. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konvexe Kontur (20) der Aufdickung (18) an den Enden der Aufdickung (18) jeweils tangential zur konkaven Kontur der Druckseite (D) des Schaufelblattprofils (P) verläuft.
8. Schaufelblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufdickung (18) zumindest teilweise wulst- oder höckerförmig ausgebildet ist.
9. Schaufelblatt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorderkante (12) des Schaufelblatts (10) über den Drehteller (22) hinausragt.

Claims

1. A blade for a turbomachine, in particular an adjustable guide blade for a gas turbine, with at least one thickened area (18) on a pressure side (D) of the blade profile (P), wherein the thickened area (18) is positioned in a radially external, housing end area of the blade (10), wherein the thickened area (18) is designed at a distance from a front edge (12) and a rear edge (14) of the blade (10), **characterized in that** the blade (10) is connected at the housing end to a rotary plate (22) which can be rotated in a housing, wherein the rear edge (14) overhangs the rotary plate (22) and the thickening (18) ends outside the diameter of the rotary plate.
2. The blade according to claim 1, **characterized in that** the thickened area (18) is designed as a convex contour (20) within the overall concave contour of the pressure side (D) of the blade profile (P).
3. The blade according to claim 1 or 2, **characterized in that** the thickened area (18) has its largest profile thickness ($d_{\max}$) at the housing side end area of the blade (10).
4. The blade according to claim 3, **characterized in that** the profile thickness (d) of the thickened area (18) continuously decreases to the normal profile thickness (d_{norm}) of the blade profile (P) without the thickened area (18), starting from the largest profile thickness ($d_{\max}$).
5. The blade according to any of the preceding claims, **characterized in that** the thickened area (18) reaches to a maximum height of the housing and pressure side area of the blade (10) which corresponds to 25% of the blade height (Sh).
6. The blade according to any of the preceding articles, **characterized in that** the distance between the front

edge (12) of the blade (10) and the thickened area (18) at the housing side end area of the blade (10) corresponds to at least 15% of the chord length (Se) of the blade (10) in this end area.

7. The blade according to any of the preceding claims, **characterized in that** the convex contour (20) of the thickened area (18) at the ends of the thickened area (18) always runs tangentially to the concave contour of the pressure side (D) of the blade profile (P).
8. The blade according to any of the preceding claims, **characterized in that** the thickened area (18) is designed at least partially with a bulge or bump shape.
9. The blade according to claim 1, **characterized in that** the front edge (12) of the blade (10) overhangs the rotary plate (22),

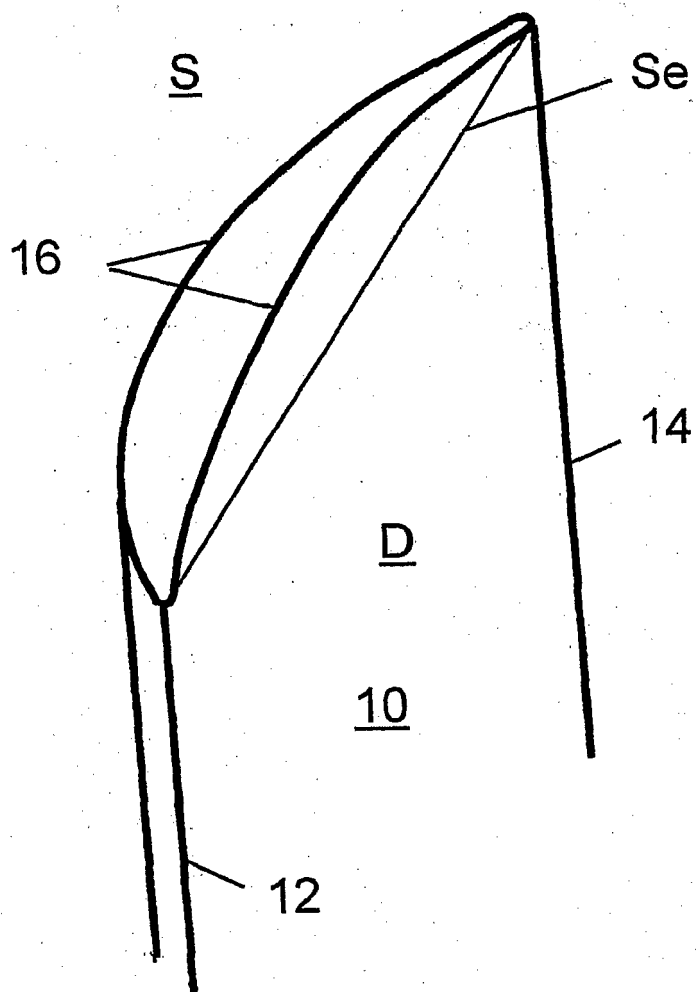
Revendications

1. Pale d'aube d'une machine d'écoulement, en particulier aube directrice réglable d'une turbine à gaz, avec au moins une surépaisseur (18) sur un côté refoulement (D) du profil de pale d'aube (P), la surépaisseur (18) étant disposée dans une zone de la pale d'aube (10) située à l'extérieur radialement côté carter, la surépaisseur (18) étant constituée à distance d'une arête avant (12) et d'une arête arrière (14) de la pale d'aube (10), **caractérisée en ce que** la pale d'aube (10) est, côté carter, raccordée à un plateau tournant (22) supporté de façon rotative dans un carter, dans laquelle l'arête arrière (14) dépasse au-dessus du plateau tournant (22), et la surépaisseur (18) se termine à l'extérieur du diamètre du plateau tournant (22).
2. Pale d'aube selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la surépaisseur (18) est constituée en tant que contour convexe (20) à l'intérieur du contour globalement concave du côté refoulement (D) du profil de pale d'aube (P).
3. Pale d'aube selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la surépaisseur (18) présente sa plus grande épaisseur de profil ($d_{\max}$) dans la zone d'extrémité, côté carter, de la pale d'aube (10).
4. Pale d'aube selon la revendication 3, **caractérisée en ce qu'**une épaisseur de profil (d) de la surépaisseur (18) diminue de façon continue en partant de la plus grande épaisseur de profil ($d_{\max}$) jusqu'à une épaisseur de profil normale (d_{norm}) du profil de pale d'aube (P) sans surépaisseur (18).
5. Pale d'aube selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la surépaisseur (18)

s'étend au maximum jusqu'à une hauteur de la zone côté carter et refoulement de la pale d'aube (10) qui correspond à 25 % de la hauteur de pale d'aube (Sh).

6. Pale d'aube selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la distance entre l'arête avant (12) de la pale d'aube (10) et la surépaisseur (18) dans la zone d'extrémité, côté carter, de la pale d'aube (10) correspond au moins à 15 % d'une longueur de corde (Se) de la pale d'aube (10) dans cette zone d'extrémité.
7. Pale d'aube selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le contour convexe (20) de la surépaisseur (18) aux extrémités de la surépaisseur (18) est respectivement tangentiel au contour concave du côté refoulement (D) du profil de pale d'aube (P).
8. Pale d'aube selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la surépaisseur (18) est constituée au moins partiellement en forme de bourrelet ou de protubérance.
9. Pale d'aube selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'arête avant (12) de la pale d'aube (10) dépasse au-dessus du plateau tournant (22).

Fig. 1



Stand der Technik

Fig. 2

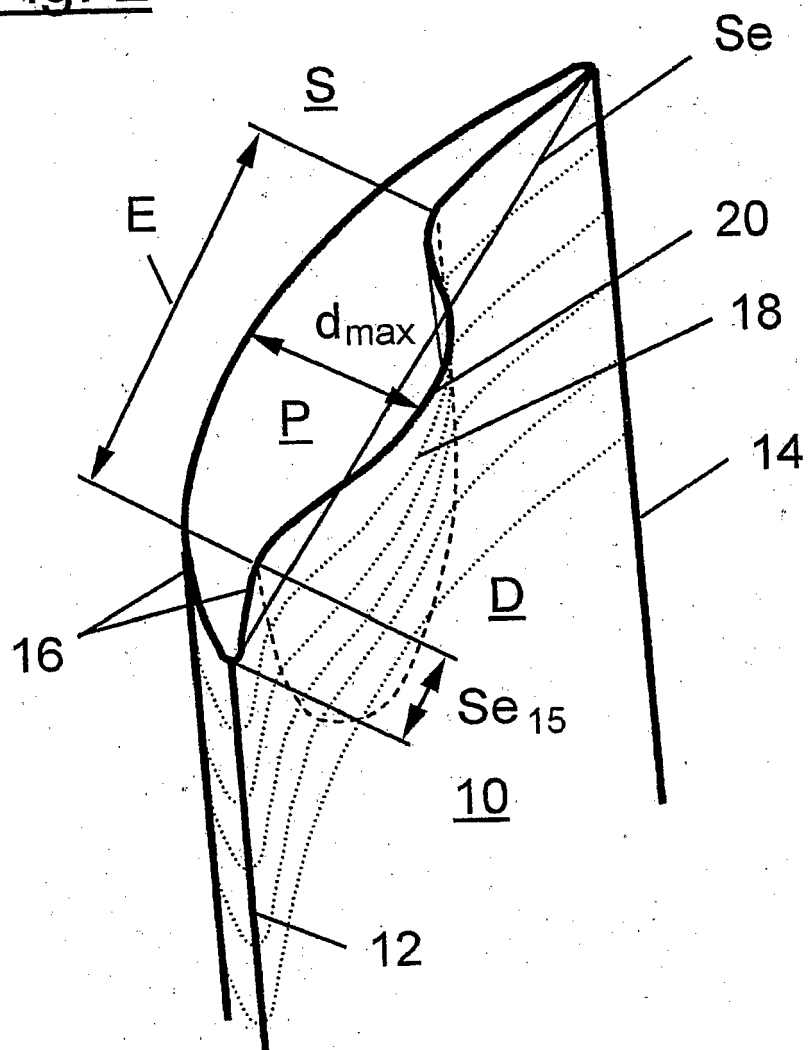
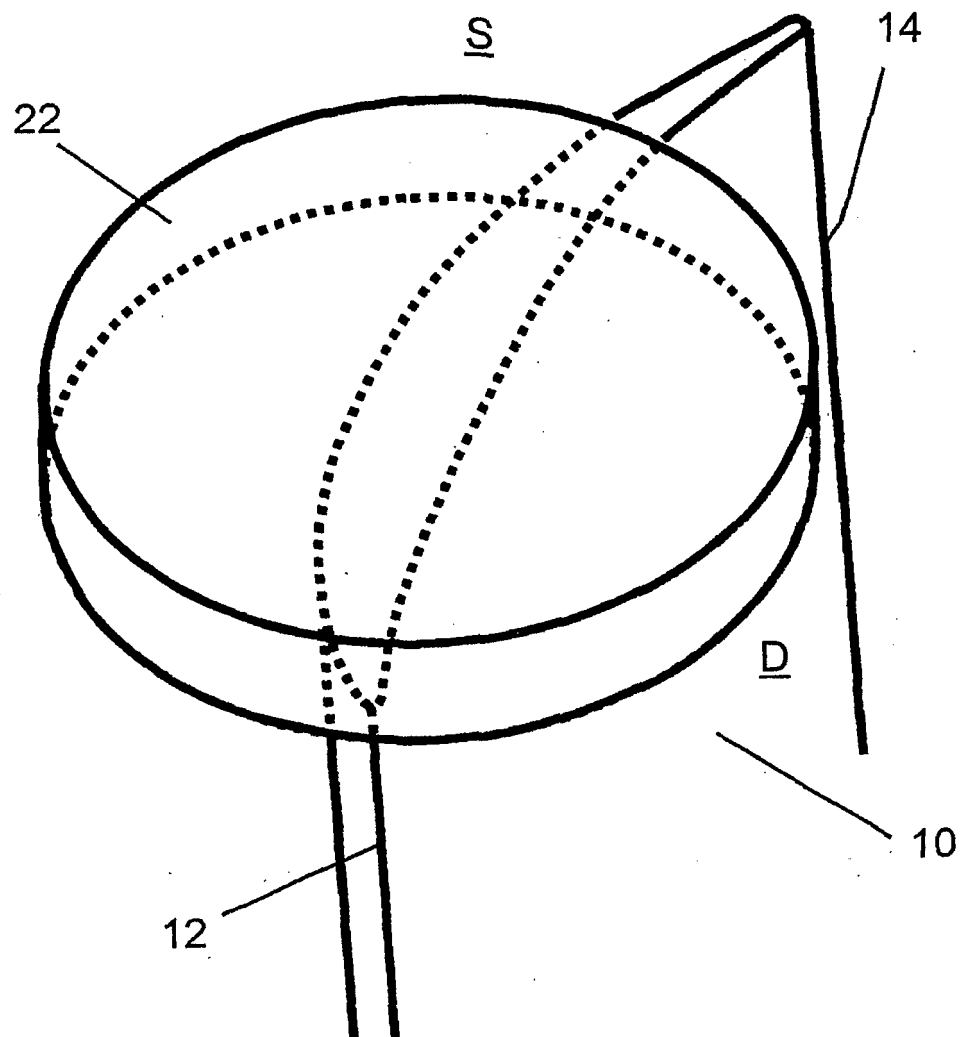
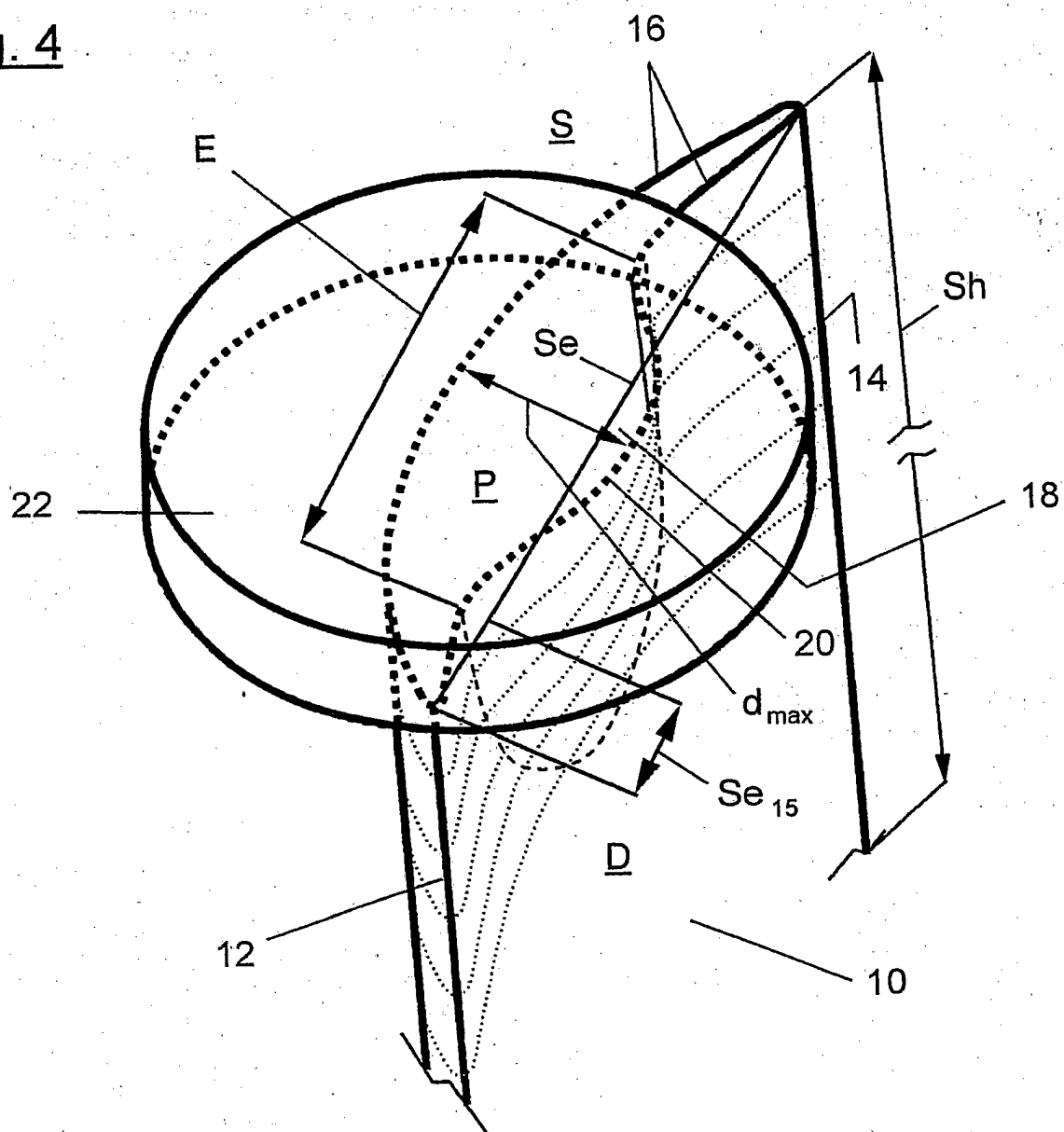


Fig. 3



Stand der Technik

Fig. 4



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

- DE 2841616 [0002]
- DE 102004026386 [0002]
- EP 0789447 B1 [0002]
- EP 1591624 A [0002]