



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 614 857 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.01.2006 Patentblatt 2006/02

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

(21) Anmeldenummer: **04015806.5**

(22) Anmeldetag: **05.07.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

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

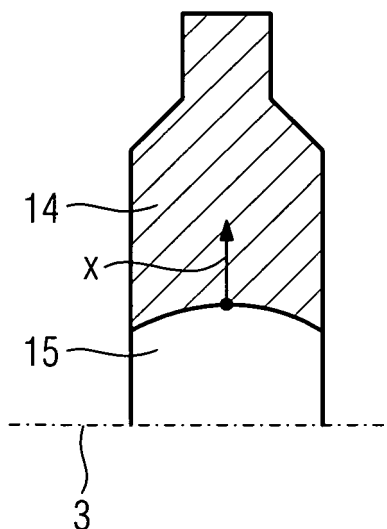
(72) Erfinder:
• **Hoell, Harald
63607 Wächtersbach (DE)**
• **Schaal, Reimar, Dr.
45470 Mülheim (DE)**
• **Setz, Werner, Dr.
51503 Rösrath (DE)**

(54) **Strömungsmaschine mit einem Rotor der zumindest eine gebohrte Rotorscheibe aufweist**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einem Rotor der zumindest eine Rotorscheibe aufweist, die eine sich in Axialrichtung erstreckende Bohrung enthält. Um eine erhöhten Lebensdauer für die Ro-

torscheibe einer Strömungsmaschine zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Bohrung zur Erhöhung der Druckeigenspannung und zur Verminderung der Tangentialspannungen zumindest teilweise ballig mit im mittleren Bereich größerem Durchmesser verläuft.

FIG 6



EP 1 614 857 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einem um eine Drehachse drehbar gelagerten Rotor, der zumindest eine Rotorscheibe aufweist, in der zumindest eine sich axial erstreckende Bohrung angeordnet ist. Ferner betrifft die Erfindung einen Rotor für eine Strömungsmaschine und eine Rotorscheibe mit zumindest einer sich durch die Rotorscheibe axial erstreckenden Bohrung.

[0002] Stationäre Gasturbinen und Flugzeugturbinen mit aus mehreren Rotorscheiben zusammengesetzten Rotoren sind allgemein bekannt. Ein zentraler oder mehrere dezentrale Zuganker verspannen die Rotorscheiben miteinander. Dazu weisen die Rotorscheiben zumindest eine zylindrische Bohrung auf, durch die sich die Zuganker erstrecken.

[0003] Jede Rotorscheibe trägt an ihrem Außenumfang in einem Kranz angeordnete Laufschaufeln, die zum Verdichten eines Strömungsmediums oder zur Aufnahme von Rotationsenergie aus einem Strömungsmedium von diesem umströmbare sind. Die an der Rotorscheibe befestigten Laufschaufeln rufen beim Betrieb enorme Fliehkräfte hervor, so dass jede Rotorscheibe großen Belastungen ausgesetzt ist.

[0004] Um diesen Belastungen widerstehen zu können, müssen die Rotorscheiben fehlerfrei sein. Hierzu sind geeignete Prüfverfahren bekannt, mittels derer die Rotorscheibe vor deren ersten Verwendung als auch bei Wiederholungsprüfungen auf Risse und Fehlstellen untersucht werden, um eine Mindestlebensdauer und somit einen sicheren Betrieb der Strömungsmaschine zu gewährleisten.

[0005] Durch eine zunehmende Scheibengröße von gebohrten Rotorscheiben oder bei Verwendung grobkörniger Werkstoffe ist die Fehlererkennbarkeit von Rissen bei den Prüfungen in zunehmendem Maße eingeschränkt.

[0006] Eine Möglichkeit zur Sicherstellung der geforderten Lebensdauer ist das gezielte Einbringen von Druckeigenspannungen in das Material der Rotorscheiben, die das Wachstum von Fehlstellen, d.h. Rissen, im späteren Betrieb verzögern. Hierzu wird während der Herstellung der gebohrten Rotorscheibe diese gezielt überlastet, d.h. sie wird bei einer Schleuderdrehzahl geschleudert, die höher als die Nenndrehzahl des Rotors ist. Dies ruft im Bereich der Bohrung eine plastische Verformung hervor, die zu den Druckeigenspannungen führt. Die Höhe der Druckeigenspannungen im Scheibenmaterial ist jedoch durch die maximale Schleuderdrehzahl des Schleuderprüfstands und durch die Temperatur beim Schleudern begrenzt, so dass weniger Druckeigenspannungen erzeugt werden können als gewünscht.

[0007] Die in der Rotorscheibe nicht erkannten bzw. tolerierten Fehlstellen können aufgrund der hohen Belastungen und lediglich begrenzt großen Druckeigenspannungen weiterhin Risse erzeugen und wachsen lassen,

welche die Lebensdauer der Rotorscheibe und somit der Strömungsmaschine verringern.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Rotorscheibe für den Rotor einer Strömungsmaschine, einen Rotor für eine Strömungsmaschine und eine Strömungsmaschine anzugeben, deren Lebensdauer durch konstruktive Maßnahmen verlängert ist.

[0009] Die auf die Strömungsmaschine gerichtete Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1, die auf den Rotor gerichtete Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 3 und die auf die Rotorscheibe gerichtete Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 4 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Bohrung der Rotorscheibe in Axialrichtung zumindest teilweise ballig mit im mittleren Bereich größerem Durchmesser verläuft.

[0011] Der Lösung liegt die erfinderische Idee zu Grunde, dass durch die in Axialrichtung zumindest teilweise ballig verlaufende Bohrung sich die Mises'schen Vergleichsspannungen im Bohrungsbereich erhöhen. Die Erhöhung der Vergleichsspannung beruht auf der Beeinflussung der axialen und tangentialen Spannungskomponente durch die ballige Geometrie der Bohrung, d.h. deren konvexe Querschnittsform. Durch die erhöhten Vergleichsspannungen kommt es beim Schleudern im Nabenbereich zu einer stärkeren Plastifizierung, wodurch der Betrag der Druckeigenspannungen geometriebedingt ohne eine Erhöhung der Schleuderdrehzahl zunimmt. Höhere Druckeigenspannungen bedeuten eine Verzögerung des Rissfortschritts und reduzierte Sprödbruchgefahr im späteren Betrieb.

[0012] Durch die in Axialrichtung ballig verlaufende Bohrung nehmen darüber hinaus die Tangentialspannungen ab. Weil diese beim Betrieb der Strömungsmaschine ebenfalls Rissentstehung und Risswachstum begünstigen, wird durch den balligen Verlauf dem entgegengewirkt und das Risswachstum maßgeblich verzögert.

[0013] Zweckmäßigerweise kann die Strömungsmaschine als Turbine, als Verdichter, als Gasturbine oder als Dampfturbine ausgebildet sein. Dabei ist es unabhängig, ob diese einstufig oder mehrstufig ausgebildet bzw. axial oder radial durchströmt sind.

[0014] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Bohrung zentral, d.h. im Mittelpunkt der Rotorscheibe, und/oder dezentral, d.h. zum Mittelpunkt der Rotorscheibe beabstandet, angeordnet. Die durch die ballige Ausführungsform erzielten Wirkungen sind dabei unabhängig davon, ob die Bohrung zentral oder dezentral vorgesehen ist.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der maximale Innendurchmesser der balligen Bohrung in Axialrichtung gesehen mittig zwischen den Stirnseiten der Rotorscheibe angeordnet. Hierdurch wird eine symmetrische Verteilung der erhöhten Druckeigenspannung erzielt.

[0016] Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung erläutert.

Es zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine aus dem Stand der Technik,
- Fig. 2 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Rotorscheibe mit einer ballig verlaufenden Bohrung,
- Fig. 3 eine Schnittansicht durch die Rotorscheibe gemäß Fig. 2,
- Fig. 4 eine Schnittansicht durch eine Rotorscheibe aus dem Stand der Technik,
- Fig. 5 ein Radius-Spannungs-Diagramm für die Rotorscheibe aus dem Stand der Technik,
- Fig. 6 eine Schnittansicht durch die erfindungsgemäße Rotorscheibe,
- Fig. 7 ein Radius-Spannungs-Diagramm für die erfindungsgemäße Rotorscheibe und
- Fig. 8 einen Vergleich der Kennlinien der Diagramme aus Fig. 5 und Fig. 7.

[0017] Gasturbinen und deren Arbeitsweisen sind im allgemeinen bekannt. Hierzu zeigt Fig. 1 eine als Gasturbine 1 ausgebildete Strömungsmaschine mit einem um eine Drehachse 3 drehbar gelagerten Rotor 5. Entlang dessen Längserstreckung folgt einem Verdichter 7 eine Brennkammer 9 mit Brennern 11. Der Brennkammer 9 ist die Turbineneinheit 13 nachgeschaltet. Sowohl im Verdichter 7 als auch in der Turbineneinheit 13 weist der Rotor 5 mehrere aneinanderliegende Rotorscheiben 20 auf, in denen jeweils eine zentrale Bohrung 16 vorgesehen ist, durch die ein Zuganker 21 sich erstreckt.

[0018] Fig. 2 zeigt die Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Rotorscheibe 14 mit einer zentral angeordneten Bohrung 15, welche in Axialrichtung teilweise ballig verläuft, also nach außen gewölbt verläuft.

[0019] Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch die erfindungsgemäße Rotorscheibe 14 gemäß Fig. 2. Die Bohrung 15 erstreckt sich in Axialrichtung des Rotors 5 anfänglich kreiszylindrisch, geht anschließend in einen balligen Abschnitt über und endet mit einem kreiszylindrischen Abschnitt. Der Durchmesser 17 der Bohrung 15 ist im balligen Abschnitt in der Mitte zwischen den beiden Stirnflächen 19 der Rotorscheibe 14 maximal und nimmt in Richtung der Stirnflächen 19 bzw. der kreiszylindrischen Abschnitte beiderseits gleichmäßig ab. Durch den in Axialrichtung teilweise balligen Verlauf der Bohrung 15 weist die Rotorscheibe 14 eine konvexe Ausnehmung auf. Das Material der Rotorscheibe, welches die Ausnehmung umgibt, weist somit eine konkave Kontur auf.

[0020] Fig. 4 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte zylindrische Bohrung 16 durch eine Rotorscheibe 20.

[0021] Fig. 5 zeigt den Verlauf von Spannungen σ einer Rotorscheibe 20 aus dem Stand der Technik in einem Radius-Spannungs-Diagramm. Die in einer Kreis-Strich-Linienart dargestellte Kennlinie 22 zeigt den

Verlauf der Tangentialspannungen im Abstand x von der Oberfläche der Bohrung 16 in Radialrichtung. Ebenso zeigt die in Volllinie dargestellte Kennlinie 24 die Mises'schen Vergleichsspannungen. Beide Spannungen nehmen mit steigendem Abstand x von der Oberfläche der zylindrischen Bohrung 16 der Rotorscheibe 20 ab. Nach dem Schleudern der Rotorscheibe 20 weist diese Druckeigenstress auf, deren Verlauf in gestrichelter Linienart durch die Kennlinie 26 dargestellt ist. Der Betrag der Druckeigenstress verringert sich mit zunehmendem Abstand x .

[0022] Fig. 6 zeigt die erfindungsgemäße Rotorscheibe 14 mit einer entlang der Axialrichtung vollständig konvex ausgebildeten Bohrung 15, deren Form auch als ballig bezeichnet wird.

[0023] Fig. 7 zeigt den Verlauf von Spannungen σ einer erfindungsgemäßen Rotorscheibe 14 in einem Radius-Spannungs-Diagramm. Die Tangentialspannungen 28 der erfindungsgemäßen Rotorscheibe 14 sind in einer Kreis-Strich-Linienart und die Mises'schen Vergleichsspannungen 30 in Volllinie dargestellt. Beide Spannungen nehmen mit zunehmendem Abstand x von der Oberfläche der balligen Bohrung 15 der Rotorscheibe 14 ab. Nach dem Schleudern der Rotorscheibe 14 weist diese eine in Volllinie dargestellte Druckeigenstress 32 auf, deren Betrag sich mit zunehmendem Abstand x verringert.

[0024] Fig. 8 zeigt die Kennlinien 22, 24, 26, 28, 30, 32 der beiden Diagramme Fig. 5 und Fig. 7 im Vergleich.

[0025] Durch die konvexe Bohrung 14 sind die aus dem Stand der Technik ermittelten Tangentialspannungen 22 gemäß den Pfeilen 34 auf die Tangentialspannungen 28 vermindert worden. Die Mises'schen Vergleichsspannungen 24, 30 wurden durch den balligen Verlauf der Bohrung 15 dagegen gemäß der Pfeile 36 vergrößert, was nach dem Schleudern mit gleichgroßer Schleuderdrehzahl zumindest im radial innen liegenden Bereich der balligen Bohrung 15 eine betragsmäßig vergrößerte Druckeigenstress gemäß der Pfeile 38 bewirkt.

[0026] Der um jede Bohrung liegende Bereich, insbesondere bei zentralen Bohrungen der nabennahe Bereich, ist beim Betrieb der Strömungsmaschine den vergleichsweise höchsten Beanspruchungen ausgesetzt, wodurch die Erhöhung der Druckspannungen und die Verminderung der Tangentialspannungen das Risswachstum an dieser Stelle verzögert und somit die Lebensdauer der Rotorscheibe, des Rotors und der Strömungsmaschine verlängert wird.

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine (2) mit einem um eine Drehachse (3) drehbar gelagerten Rotor (5), der zumindest eine Rotorscheibe (14) mit jeweils einer sich durch die Rotorscheibe (14) axial erstreck-

kende Bohrung (15) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bohrung (15) in Axialrichtung zumindest teilweise ballig mit im mittleren Bereich größerem Durchmesser verläuft.

5

2. Strömungsmaschine (2) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Strömungsmaschine (2) eine Turbine, ein Verdichter, eine Gasturbine (1) oder eine Dampfturbine ist.

10

3. Rotor (5) für eine Strömungsmaschine (2),

der zumindest eine Rotorscheibe (14) mit zumindest einer sich durch die Rotorscheibe (14) axial erstreckende Bohrung (15) aufweist,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bohrung (15) in Axialrichtung zumindest teilweise ballig mit im mittleren Bereich größerem Durchmesser verläuft.

20

4. Rotorscheibe (14) für den Rotor (5) einer Strömungsmaschine (2),

mit zumindest einer sich durch die Rotorscheibe (14) axial erstreckenden Bohrung (15),

25

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bohrung (15) in Axialrichtung zumindest teilweise ballig mit im mittleren Bereich größerem Durchmesser verläuft.

30

5. Rotorscheibe (14) nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Rotorscheibe (14) als Verdichterscheibe eines Verdichters oder als Turbinenscheibe einer Turbine ausgebildet ist.

35

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bohrung (15) zentral und/oder dezentral vorgehen ist.

40

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, 3, 4 oder 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

die der maximale Innendurchmesser (17) der balligen Bohrung (15) in Axialrichtung gesehen mittig angeordnet ist.

45

50

55

FIG 1

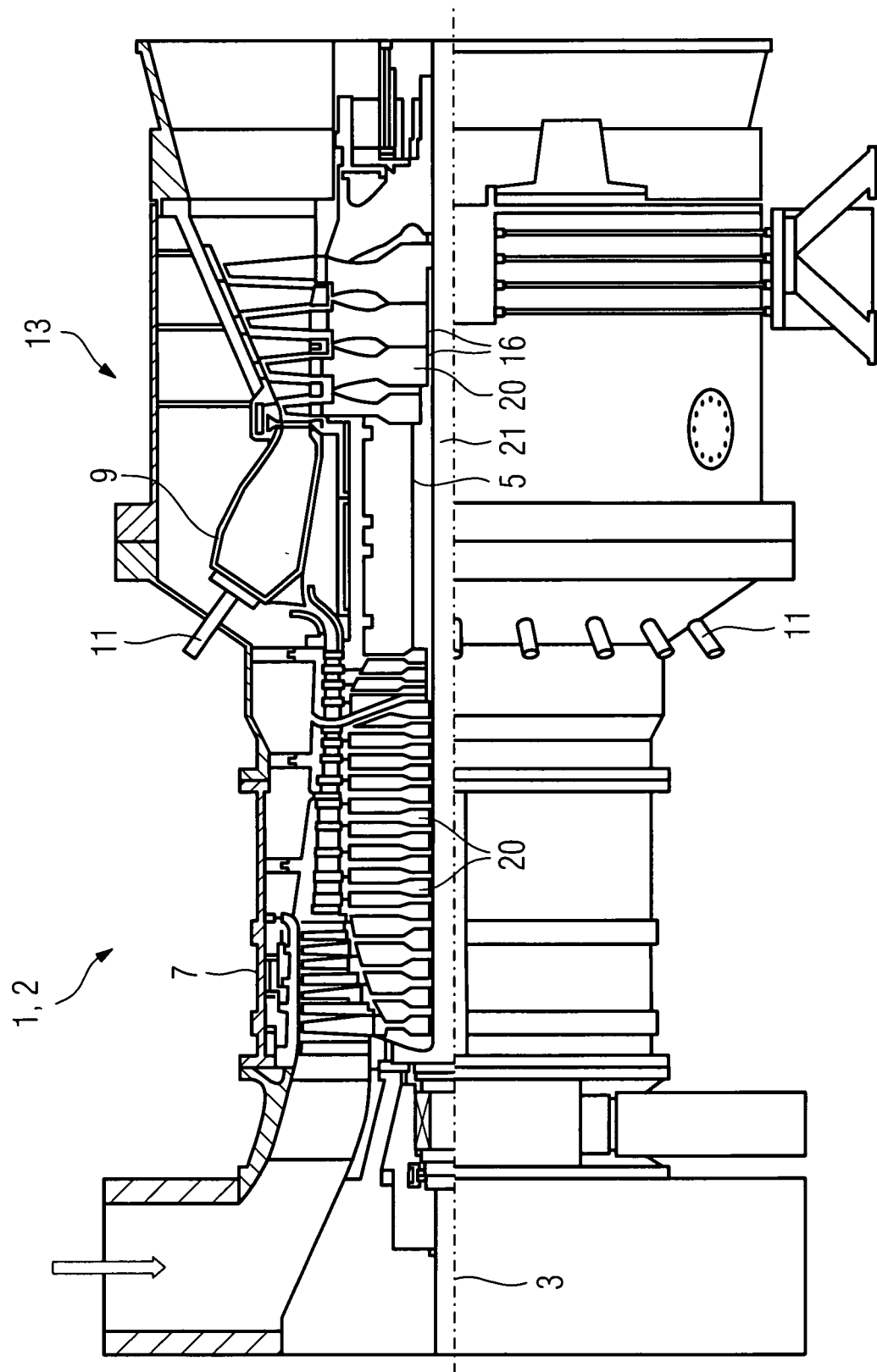


FIG 2

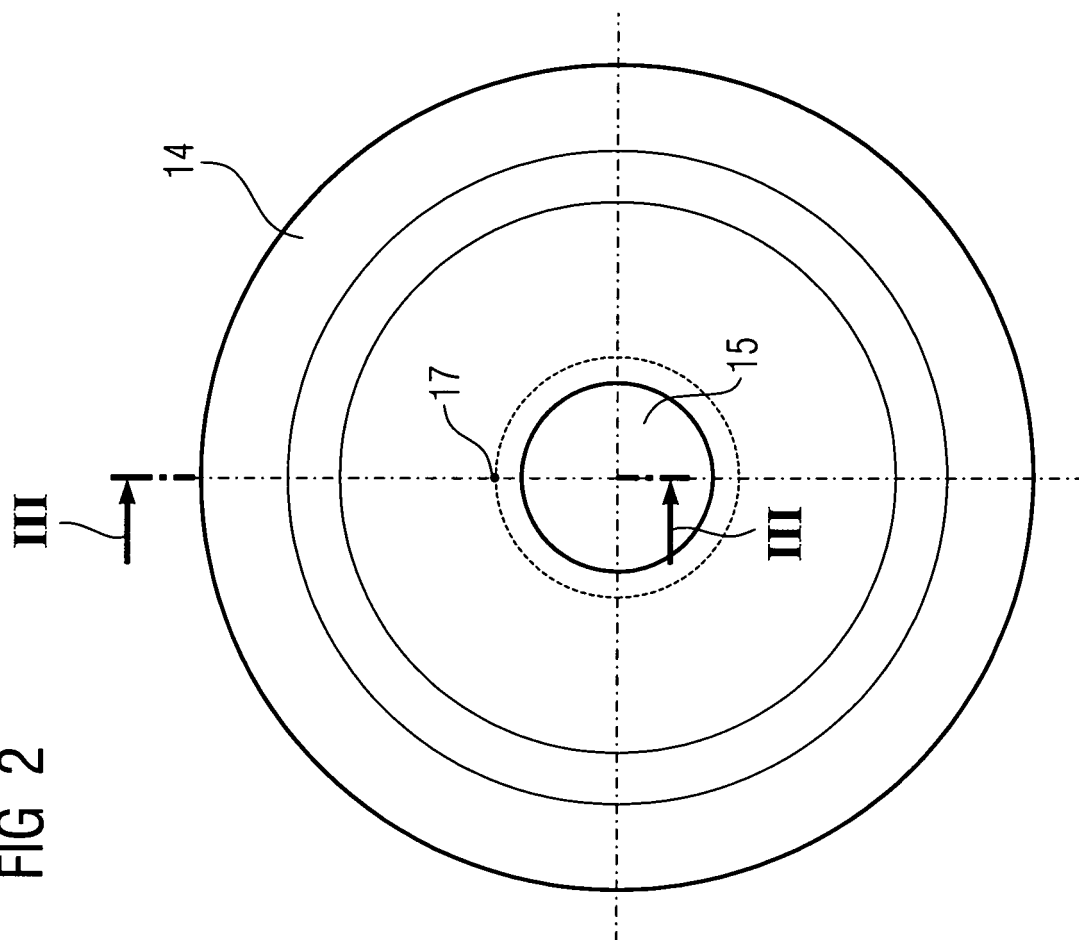


FIG 3

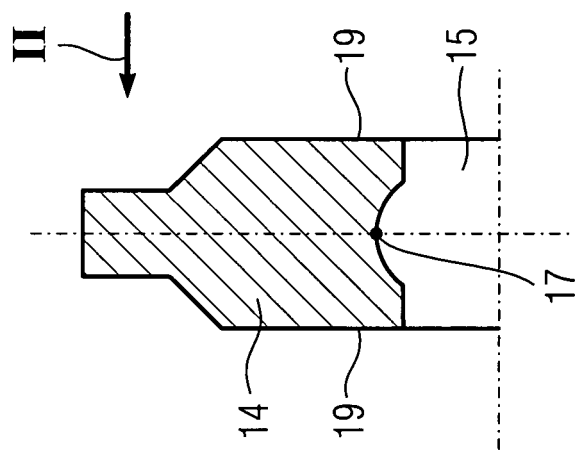


FIG 4
(Stand der Technik)

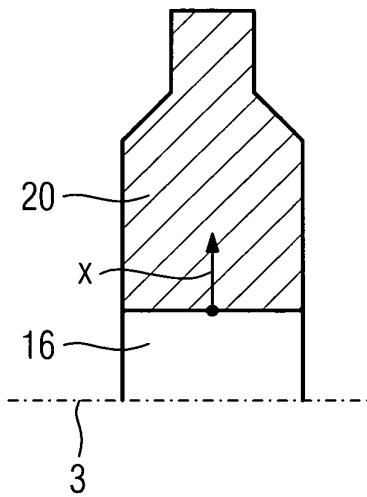


FIG 5
(Stand der Technik)

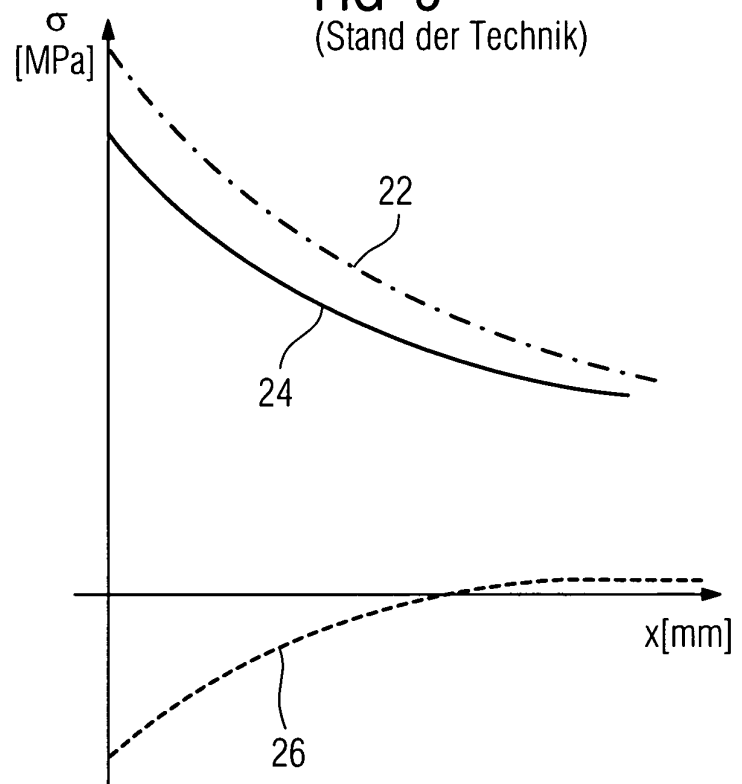


FIG 6

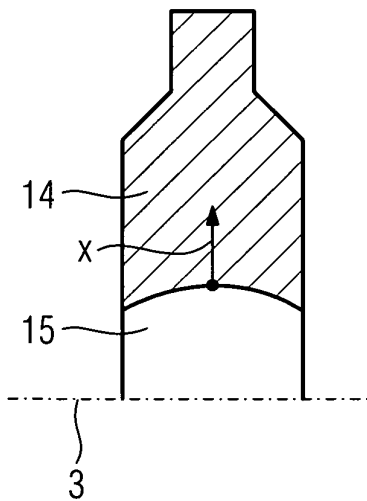


FIG 7

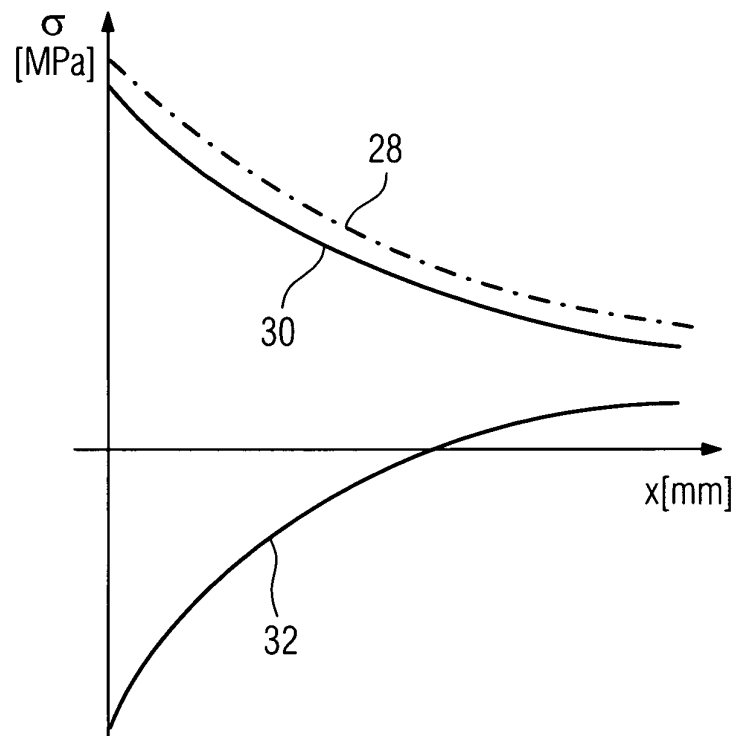
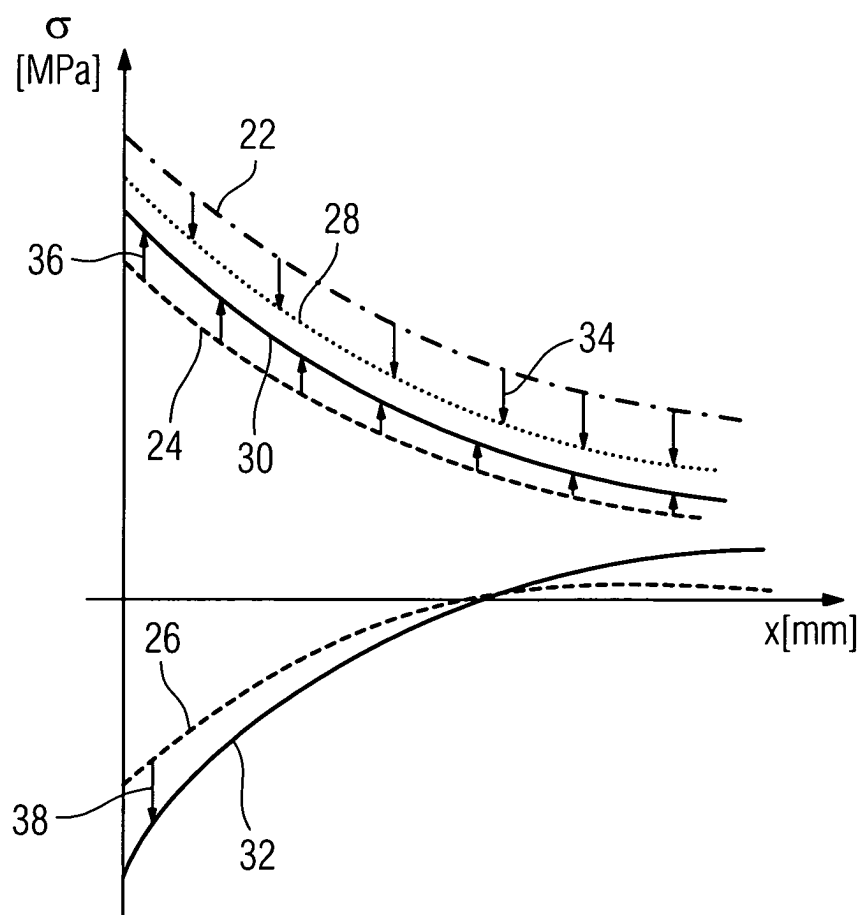


FIG 8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 01 5806

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 2 579 745 A (ALBERT LOMBARD ADRIAN ET AL) 25. Dezember 1951 (1951-12-25) * Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 23; Abbildungen *	1-7	F01D5/06
X	GB 219 655 A (ESCHER WYSS MASCHF AG) 9. Oktober 1924 (1924-10-09) * das ganze Dokument *	1-7	
X	US 4 844 694 A (NAUDET JACKY) 4. Juli 1989 (1989-07-04) * Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 20; Abbildungen *	1-7	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0121, Nr. 26 (M-687), 19. April 1988 (1988-04-19) -& JP 62 251403 A (HITACHI LTD), 2. November 1987 (1987-11-02) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-3,6,7	
A	US 4 497 612 A (KNOROWSKI VICTOR J ET AL) 5. Februar 1985 (1985-02-05) * Spalte 4, Zeile 45 - Zeile 47; Abbildungen *	1-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D
A	EP 1 013 893 A (GEN ELECTRIC) 28. Juni 2000 (2000-06-28) * Absatz [0011]; Abbildungen *	6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2004	Prüfer Teissier, D
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 04 01 5806

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.

15-12-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2579745 A	25-12-1951	BE 488226 A	
		CH 272916 A	15-01-1951
		CH 272917 A	15-01-1951
		FR 961172 A	06-05-1950
		GB 621545 A	11-04-1949
		GB 621418 A	08-04-1949

GB 219655 A	09-10-1924	KEINE	

US 4844694 A	04-07-1989	FR 2607866 A1	10-06-1988
		DE 3762362 D1	23-05-1990
		EP 0272966 A1	29-06-1988
		JP 1909112 C	09-03-1995
		JP 6037842 B	18-05-1994
		JP 63154801 A	28-06-1988

JP 62251403 A	02-11-1987	KEINE	

US 4497612 A	05-02-1985	CA 1209052 A1	05-08-1986
		DE 3407373 A1	05-06-1985
		IT 1176500 B	18-08-1987
		JP 1002761 B	18-01-1989
		JP 1520284 C	29-09-1989
		JP 60119303 A	26-06-1985
		KR 8901343 B1	29-04-1989

EP 1013893 A	28-06-2000	US 6190127 B1	20-02-2001
		EP 1013893 A2	28-06-2000
		JP 2000282802 A	10-10-2000
		KR 2000048260 A	25-07-2000

EPO FORM P0461

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