



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 541 808 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.06.2005 Patentblatt 2005/24**

(51) Int Cl.7: **F01D 25/08, F01D 5/28**

(21) Anmeldenummer: **03028576.1**

(22) Anmeldetag: **11.12.2003**

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

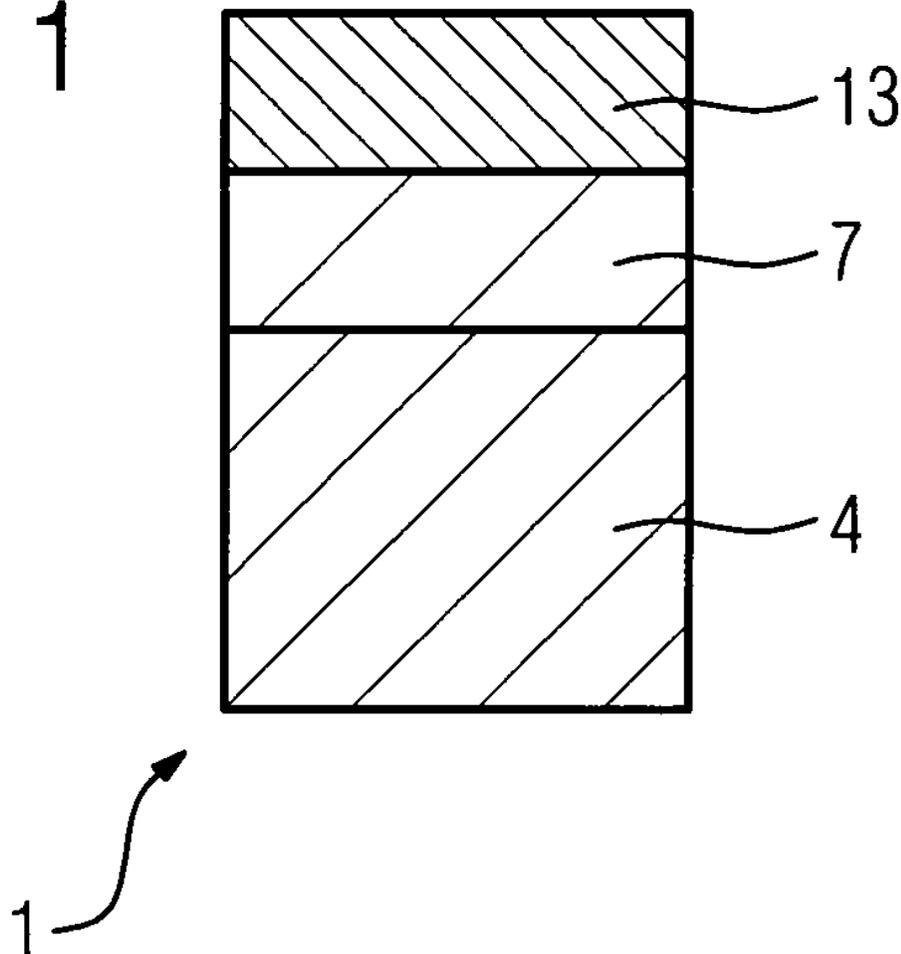
(72) Erfinder:  
• **Schmitz, Friedhelm**  
**46537 Dinslaken (DE)**  
• **Wieghardt, Kai, Dr.**  
**44795 Bochum (DE)**

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

(54) **Turbinenbauteil mit Wärmedämmschicht und Erosionsschutzschicht**

(57) Die Erfindung betrifft Bauteile (333, 366) einer Dampfturbine (300, 303) mit einer Wärmedämmschicht (7) und einer Erosionsschutzschicht (13).

**FIG 1**



EP 1 541 808 A1

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Bauteil mit einer Wärmedämmschicht und einer Erosionsschutzschicht nach Anspruch 1.

5 **[0002]** Wärmedämmschichten, die auf Bauteilen aufgebracht werden, sind aus dem Bereich der Gasturbinen bekannt, wie sie z.B. in der EP 1 029 115 beschrieben sind.

**[0003]** Wärmedämmschichten erlauben es, Bauteile bei höheren Temperaturen einzusetzen, als es der Grundwerkstoff zulässt, oder die Einsatzdauer zu verlängern.

10 Bekannte Grundwerkstoffe (Substrate) für Gasturbinen ermöglichen Einsatztemperaturen von maximal 1000°C bis 1100°C, wohingegen eine Beschichtung mit einer Wärmedämmschicht Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C ermöglicht.

**[0004]** Die Einsatztemperaturen von Bauteilen in einer Dampfturbine sind deutlich niedriger, so dass dort solche Anforderungen nicht gestellt werden.

15 **[0005]** Aus der EP 1 029 104 A ist bekannt, eine keramische Erosionsschutzschicht auf eine keramische Wärmedämmschicht einer Gasturbinenschaufel aufzubringen.

**[0006]** Aus der DE 195 35 227 A1 ist bekannt, eine Wärmedämmschicht in einer Dampfturbine vorzusehen, um Werkstoffe mit schlechteren mechanischen Eigenschaften, die aber kostengünstiger sind, für das Substrat, auf das die Wärmedämmschicht aufgebracht wird, verwenden zu können.

20 **[0007]** Aufgrund von Verunreinigungen in einem Medium und/oder hohen Strömungsgeschwindigkeiten des strömenden Mediums, das an Bauteilen mit einer Wärmedämmschicht vorbeiströmt, kommt es zu einer starken Erosion der Wärmedämmschicht.

**[0008]** Daher ist es Aufgabe der Erfindung ein Bauteil aufzuzeigen, das dieses Problem überwindet.

**[0009]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Bauteil für Einsatztemperaturen kleiner 850°C gemäss Anspruch 1.

25 **[0010]** In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Bauteile aufgelistet. Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.

30 **[0011]** Insbesondere bei Bauteilen von Turbinen, die zum Antrieb heißen Fluiden ausgesetzt sind, kommt es häufig durch Verzunderungen zu einem mechanischen Einschlag von abgelösten Zunder-Teilchen auf eine spröde keramische Schicht, was zum Ausbrechen von Material, also zur Erosion führen könnte. Obwohl die keramische Schicht dafür ausgelegt ist, Thermoschocks zu überstehen, ist sie anfällig gegenüber der lokal sehr begrenzt auftretenden mechanischen Beanspruchung, da ein Thermoschock globaler auf die gesamte Schicht einwirkt.

Daher ist eine metallische Erosionsschutzschicht von besonderem Vorteil, da sie aufgrund ihrer Duktilität elastisch und plastisch verformbar ist.

35 **[0012]** Die Wärmedämmschicht dient nicht notwendigerweise nur dem Zweck den Bereich der Einsatztemperaturen nach oben zu verschieben, sondern die thermische Dehnung aufgrund der Temperaturunterschiede, die an dem Bauteil erzeugt werden bzw. anliegen, wird in vorteilhafter Weise vergleichmäßigt und/oder reduziert. So können thermomechanischen Spannungen vermieden bzw. zumindest reduziert werden.

**[0013]** Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt.

**[0014]** Es zeigen

40 Figur 1, 2 Anordnungsmöglichkeiten einer erfindungsgemäßen Wärmedämmschicht eines Bauteils,  
 Figur 3, 4, 9, 11 weitere Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen ausgebildeten Bauteils,  
 Figur 5, 6 einen Gradienten der Porosität innerhalb der Wärmedämmschicht eines erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils,  
 45 Figur 7 der Einfluss eines Temperaturunterschieds auf ein Bauteil,  
 Figur 8 eine Dampfturbine und  
 Figur 10 den Einfluss einer Wärmedämmschicht auf die Lebensdauer eines wieder aufgearbeiteten Bauteils.

50 **[0015]** Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1. Das Bauteil 1 ist ein Bauteil einer Gas- oder einer Dampfturbine 300, 303 (Fig. 8), insbesondere ein Dampfeinström-  
 bereich 333, eine Turbinenschaufel 342, 354, 357 (Fig. 8) oder ein Gehäuseteil 334, 335, 366 (Fig. 8, 9) und besteht  
 aus einem Substrat 4 (Tragstruktur) und einer darauf aufgetragenen Wärmedämmschicht 7 sowie einer äußeren Erosionsschutzschicht 13. Die Erosionsschutzschicht 13 kann auch gleichzeitig als Wärmedämmschicht wirken, so  
 55 dass dann körperlich nur eine einzige Schicht auf dem Substrat 4 vorhanden wäre.

Die Erosionsschutzschicht 13 besteht vorzugsweise aus einem Metall oder einer Metalllegierung und schützt das Bauteil vor Erosion und/oder Verschleiß, wie es insbesondere bei Dampfturbinen 300, 303 (Fig. 8), die einer Verzunderung unterliegen, der Fall ist, und bei der mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 50m/s (d.h. 20m/s - 100 m/s) und

Drücke von 350 bis 400 bar auftreten.

Die Erosionsschutzschicht 13 eines Bauteils 1 einer Dampfturbine 300, 303 kann auch aus anderen Materialien bestehen (z.B. Keramik).

5 **[0016]** Das Substrat 4 ist beispielsweise eine Stahl- oder eine sonstige eisenbasierte Legierung (beispielsweise 1%CrMoV oder 10 - 12% Chromstähle oder IN617) oder eine nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung.

**[0017]** Die Wärmedämmschicht 7 ist insbesondere eine keramische Schicht, die beispielsweise zumindest teilweise aus Zirkonoxid (teilstabilisiert oder vollstabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Magnesiumoxid) und/oder zumindest teilweise aus Titanoxid besteht und beispielsweise dicker als 0.1 mm ist.

10 So können Wärmedämmschichten 7, die zu 100% entweder aus Zirkonoxid oder Titanoxid bestehen, verwendet werden.

**[0018]** Die keramische Schicht 7 kann mittels bekannter Beschichtungsverfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Vakuumplasmaspritzen (VPS), Niederdruckplasmaspritzen (LPPS) sowie durch chemische oder physikalische Beschichtungsmethoden aufgebracht werden (CVD, PVD).

15 **[0019]** Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

Zwischen dem Substrat 4 und der Wärmedämmschicht 7 ist zumindest eine weitere Zwischenschutzschicht 10 angeordnet. Die Zwischenschutzschicht 10 dient zum Schutz vor Korrosion und/oder Oxidation des Substrats 4 und/oder zur besseren Anbindung der Wärmedämmschicht 7 an das Substrat 4. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Wärmedämmschicht 7 aus Keramik und das Substrat 4 aus einem Metall besteht.

20 **[0020]** Die Zwischenschutzschicht 10 zum Schutz eines Substrats 4 gegen Korrosion und Oxidation bei einer hohen Temperatur weist beispielsweise im wesentlichen folgende Elemente auf (Angabe der Anteile in Gewichtsprozent):

11,5 bis	20,0 wt% Chrom,
0,3 bis	1,5 wt% Silizium,
0,0 bis	1,0 wt% Aluminium,
0,0 bis	0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden,
	Rest Eisen, Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.

30 **[0021]** Insbesondere besteht die metallische Zwischenschutzschicht 10 aus

12,5 bis 14,0 wt%	Chrom,
0,5 bis 1,0 wt%	Silizium,
0,1 bis 0,5 wt%	Aluminium,
0,0 bis 0,7 wt%	Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden,
	Rest Eisen und/oder Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.

40 **[0022]** Bevorzugt ist dabei, wenn der Rest nur Eisen ist.

**[0023]** Die Zusammensetzung der Zwischenschutzschicht 10 auf Eisenbasis zeigt besonders gute Eigenschaften, so dass die Zwischenschutzschicht 10 hervorragend zur Aufbringung auf ferritischen Substraten 4 geeignet ist.

45 Dabei können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 sehr gut aneinander angeglichen werden (bis zu 10% Unterschied) oder sogar gleich sein, so dass es zu keinem thermisch verursachten Spannungsaufbau zwischen Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 kommt (thermal mismatch), der ein Abplatzen der Zwischenschutzschicht 10 verursachen könnte.

**[0024]** Dies ist besonders wichtig, da bei ferritischen Werkstoffen oft keine Wärmebehandlung zur Diffusionsanbindung durchgeführt wird, sondern die Zwischenschutzschicht 10 (ferritisch) größtenteils oder nur durch Adhäsion auf dem Substrat 4 haftet.

50 **[0025]** Insbesondere ist das Substrat 4 eine ferritische Basislegierung, ein Stahl- oder eine Nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung, insbesondere ein 1%CrMoV-Stahl oder ein 10 bis 12prozentiger Chromstahl.

**[0026]** Weitere vorteilhafte ferritische Substrate 4 des Schichtsystems 1 bestehen aus einem

1% bis 2%Cr Stahl für Wellen (309, Fig. 8):  
wie z.B. 30CrMoNiV5-11 oder 23CrMoNiWV8-8,

55

1% bis 2%Cr Stahl für Gehäuse (Fig. 8, bspw. 335):  
G17CrMoV5-10 oder G17CrMo9-10,

10% Cr-Stahl für Wellen(309, Fig. 8):  
X12CrMoWVNbN10-1-1 ,

10% Cr-Stahl für Gehäuse (Fig. 8, bspw. 335):  
GX12CrMoWVNbN10-1-1 oder GX12CrMoVNbN9-1.

**[0027]** Für eine möglichst gute Wirkungsweise der Wärmedämmschicht 7 weist die Wärmedämmschicht 7 zumindest teilweise eine gewisse offene und/oder geschlossene Porosität auf.

**[0028]** Vorzugsweise weist die Verschleiß/Erosionsschutzschicht 13 eine höhere Dichte als die Wärmedämmschicht 7 auf und besteht beispielsweise aus Legierungen auf der Basis von Eisen, Chrom, Nickel und/oder Kobalt oder beispielsweise NiCr 80/20 oder NiCrSiB mit Beimengungen von Bor (B) und Silizium (Si) oder NiAl (bspw.: Ni: 95wt%, Al 5wt%).

**[0029]** Insbesondere kann eine metallische Erosionsschutzschicht 13 bei Dampfturbinen 300, 303 eingesetzt werden, da die Einsatztemperaturen in Dampfturbinen beim Dampfeinströmbereich 333 maximal bei 450°C, 550°C, 650°C oder 850°C liegen. Für solche Temperaturbereiche gibt es genügend metallische Schichten, die einen hinreichend großen notwendigen Erosionsschutz über die Einsatzdauer des Bauteils 1 bei gleichzeitiger guter Oxidationsbeständigkeit aufweisen.

**[0030]** Metallische Erosionsschutzschichten 13 in Gasturbinen auf einer keramischen Wärmedämmschicht 7 innerhalb der ersten Stufe der Turbine oder innerhalb der Brennkammer sind nicht möglich, da metallische Erosionsschutzschichten 13 als äußere Schicht die Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C nicht aushalten können.

**[0031]** Eine keramische Erosionsschutzschicht 13 besteht beispielsweise teilweise oder zu 100% aus Chromkarbid.

**[0032]** Weitere Materialien für die Erosionsschutzschicht 13 sind beispielsweise eine Mischung aus Wolframkarbid, Chromkarbid und Nickel (WC, CrC-Ni) bspw. mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid, 20 wt% für Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, ferner Chromkarbid mit der Beimischung von Nickel (Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Ni) bspw. mit einem Anteil von 83 wt% Chromkarbid und 17 wt% Nickel sowie eine Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom (Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-NiCr) bspw. mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom sowie Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid bspw. mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.

**[0033]** Die Wärmedämmschicht 7 ist beispielsweise porös.

Figur 5 zeigt eine poröse Wärmedämmschicht 7 mit einem Gradienten der Porosität.

**[0034]** In der Wärmedämmschicht 7 sind Poren 16 vorhanden. In Richtung einer äußeren Oberfläche nimmt die Dichte  $\rho$  der Wärmedämmschicht 7 zu.

So kann die Schicht 7 im Bereich der größeren Porosität zur Wärmedämmung und im Bereich der geringeren Porosität gegebenenfalls auch zum Erosionsschutz verwendet werden.

**[0035]** Somit besteht zum Substrat 4 oder zu einer gegebenenfalls vorhandenen Zwischenschicht 10 hin vorzugsweise eine größere Porosität als im Bereich einer äußeren Oberfläche oder der Kontaktfläche zu der Erosionsschutzschicht 13.

**[0036]** In Figur 6 verläuft der Gradient in der Dichte  $p$  der Wärmedämmschicht 7 entgegengesetzt zu dem in Figur 5.

**[0037]** Die Erosionsschutzschicht 13 weist vorzugsweise eine höhere Dichte als die Wärmedämmschicht 7 auf, damit sie 13 eine höhere Festigkeit aufweist.

**[0038]** Die Figuren 7a, 7b zeigen den Einfluss der Wärmedämmschicht 7 auf das thermische Verformungsverhalten des Bauteils 1.

**[0039]** Figur 7a zeigt ein Bauteil ohne Wärmedämmschicht.

An zwei gegenüberliegenden Seiten des Substrats 4 herrschen zwei verschiedene Temperaturen, eine höhere Temperatur  $T_{max}$  und eine niedrigere Temperatur  $T_{min}$ , wodurch ein Temperaturunterschied  $dT(4)$  gegeben ist.

Der Temperaturunterschied  $dT(4)$  kann mindestens 200°C betragen.

Die höhere Temperatur  $T_{max}$  beträgt beispielsweise mindestens 450°C, insbesondere sogar bis 850°C.

Somit dehnt sich das Substrat 4, wie es gestrichelt angedeutet ist, im Bereich der höheren Temperatur  $T_{max}$  aufgrund der thermischen Ausdehnung deutlich stärker aus als im Bereich der kleineren Temperatur  $T_{min}$ . Diese unterschiedliche Ausdehnung verursacht eine unerwünschte Verformung des Bauteils (Gehäuse).

**[0040]** Hingegen ist bei der Figur 7b auf dem Substrat 4 eine Wärmedämmschicht 7 vorhanden, wobei das Substrat 4 und die Wärmedämmschicht 7 zusammen beispielsweise genauso dick sind wie das Substrat 4 in Figur 7a.

Die Wärmedämmschicht 7 reduziert die maximale Temperatur an der Oberfläche des Substrats 4 überproportional auf eine Temperatur  $T'_{max}$ , obwohl die äußere Temperatur  $T_{max}$  genauso hoch ist wie in Figur 7a. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Abstand der Oberfläche des Substrats 4 zur höheren Temperatur, sondern insbesondere durch die geringere thermische Leitfähigkeit der Wärmedämmschicht 7. Dort ist ein sehr viel größerer Temperaturgradient vorhanden als im metallischen Substrat 4.

Dadurch wird der Temperaturunterschied  $dT(4,7)$  ( $= T'_{max} - T_{min}$ ) kleiner als der Temperaturunterschied gemäß Figur 7a ( $dT(4) = dT(7) + dT(4,7)$ ).

Dadurch findet eine geringere oder kaum unterschiedliche thermische Ausdehnung des Substrats 4 statt, wie es gestrichelt angedeutet ist, so dass lokal unterschiedliche Ausdehnungen zumindest vergleichmäßig werden.

Das Substrat 4 in Figur 7b kann auch genauso dick sein wie das in Figur 7a.

**[0041]** Die Erosionsschutzschicht 13 ist hier der Vereinfachung wegen nicht dargestellt.

**[0042]** In Figur 8 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden Turbinenwelle 309 dargestellt.

**[0043]** Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und einem dieses umschließendes Außengehäuse 315 auf. Die Hochdruck-Teilturbine 300 ist beispielsweise in Topfbauart ausgeführt. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303 einflutig ausgeführt ist. Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mitteldruck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 abgedichtet. Zwischen einem Hochdruck-Dampfeinströmbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaukeln einen ersten Beschaukelungsbereich 360 dar. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmbereich 333 auf. Dem Dampfeinströmbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle 309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Beschaukelungsbereich 366 mit den Mitteldruck-Laufschaukeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschaukelungsbereich 366 strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

**[0044]** Die Turbinenwelle 309 ist aus zwei Teilturbinenwellen 309a und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind.

**[0045]** Insbesondere weist der Dampfeinströmbereich 333 eine Wärmedämmschicht 7 und eine Erosionsschutzschicht 13 auf.

**[0046]** Figur 9 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Bereichs der Dampfturbine 300, 303.

Die Dampfturbine 300, 303 besteht im Bereich des Einströmbereichs 333 aus einem äußeren Gehäuse 334, an dem Temperaturen zwischen 250° bis 350°C anliegen.

An dem Einströmbereich 333 als Teil eines Innengehäuses 335 herrschen Temperaturen von 450° bis 800°C.

Somit ergibt sich eine Temperaturdifferenz von mindestens 200°C.

Auf das Innengehäuse 335, an dem die hohen Temperaturen anliegen, wird die Wärmedämmschicht 7 auf der Innenseite 336 aufgebracht (auf der Außenseite 337 beispielsweise nicht).

Die Wärmedämmschicht 7 ist lokal nur an dem Innengehäuse 335 vorhanden (und beispielsweise nicht im Beschaukelungsbereich 366).

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag in das Innengehäuses 335 verringert, so dass das thermische Ausdehnungsverhalten beeinflusst wird. Dadurch kann das gesamte Verformungsverhalten des Innengehäuses 335 und des Dampfeinströmbereichs 333 kontrolliert eingestellt werden.

Dies kann erfolgen durch eine Variation der Dicke der Wärmedämmschicht 7 oder die Aufbringung von verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Innengehäuses 335.

Ebenso kann die Porosität an verschiedenen Stellen des Innengehäuses 335 verschieden sein.

**[0047]** Die Wärmedämmschicht 7 kann lokal, beispielsweise im Innengehäuse 335 im Bereich des Einströmbereichs 333 aufgebracht sein.

Ebenso kann die Wärmedämmschicht 7 nur im Beschaukelungsbereich 366 lokal aufgebracht sein (Fig. 3). Besonderes im Einströmbereich 333 ist der Einsatz einer Erosionsschutzschicht 13 gefordert.

**[0048]** Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bauteils 1.

Hier ist die Dicke der Wärmedämmschicht 7 im Einströmbereich 333 dicker ausgeführt als im Beschaukelungsbereich 366 der Dampfturbine 300, 303.

Durch die lokal unterschiedliche Dicke der Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag und damit die thermische Ausdehnung und somit das Ausdehnungsverhalten des Innengehäuses 334, bestehend aus dem Einströmbereich 333 und dem Beschaukelungsbereich 366, kontrolliert eingestellt.

Da im Einströmbereich 333 höhere Temperaturen herrschen als im Beschaukelungsbereich 366 wird durch die dickere Wärmedämmschicht 7 im Einströmbereich 333 der Wärmeeintrag in das Substrat 4 stärker reduziert als im Beschaukelungsbereich 366, wo geringere Temperaturen herrschen. Somit kann der Wärmeeintrag sowohl im Einströmbereich 333 und anschließendem Beschaukelungsbereich 366 ungefähr gleich gehalten werden, so dass die thermische Aus-

dehnung ungefähr gleich ist.

**[0049]** Ebenso kann im Bereich des Einströmbereichs 333 ein anderes Material vorhanden sein als im Beschauflungsbereich 366.

Die Wärmedämmschicht 7 ist hier im gesamten heißen Bereich, also global, aufgebracht.

5 **[0050]** Figur 11 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Verwendung einer Wärmedämmschicht 7.

**[0051]** Das Bauteil 1, insbesondere ein Gehäuseteil, ist hier ein Ventilgehäuse 31, in das durch einen Einströmkanal 46 ein heißer Dampf einströmt.

Der Einströmkanal 46 bewirkt eine mechanische Schwächung des Ventilgehäuses.

Das Ventilgehäuse 31 besteht beispielsweise aus einem topfförmigen Gehäuseteil 34 und einem Deckel 37.

10 Innerhalb des Gehäuseteils 31 ist ein Ventil bestehend aus einem Ventilkegel 40 und einer Spindel 43 vorhanden.

Infolge Bauteil-Kriechens kommt es zu einer ungleichförmigen axialen Verformung des Gehäuses 31 und Deckels 37. Das Ventilgehäuse 31 würde sich im Bereich des Kanals 46 axial stärker ausdehnen, so dass es zu einer Verkippung des Deckels mit der Spindel 43 kommt, wie gestrichelt angedeutet. Dadurch sitzt der Ventilkegel 34 nicht mehr richtig auf, so dass die Dichtheit des Ventils reduziert wird.

15 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf eine Innenseite 49 des Gehäuses 31 wird eine Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens erreicht, so dass sich beide Enden 52, 55 des Gehäuses 31 und des Deckels 37 gleichmäßig ausdehnen.

**[0052]** Insgesamt dient das Aufbringen der Wärmedämmschicht dazu, das Verformungsverhalten zu kontrollieren und damit die Dichtheit des Ventils zu gewährleisten.

20 **[0053]** Figur 10 zeigt den Einfluss der Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf ein wiederaufgearbeitetes Bauteil 1.

**[0054]** Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile 1, die im Einsatz waren, wiederverwendet und vorher ggf. repariert werden, d.h. dass sie von Korrosions- und Oxidationsprodukten befreit werden sowie Risse ggf. detektiert und beispielsweise durch Auffüllen mit Lot oder durch Schweißen repariert werden.

25 Jedes Bauteil 1 hat eine bestimmte Lebensdauer bis es zu 100% geschädigt ist.

**[0055]** Wenn das Bauteil 1, beispielsweise eine Turbinenschaufel 342, 254, 357 oder ein Innengehäuse 334 zu einem Zeitpunkt  $t_s$  inspiziert und ggf. wieder aufgearbeitet wird, ist ein bestimmter Prozentsatz  $S_s$  der Schädigung erreicht. Der zeitliche Verlauf der Schädigung des Bauteils 1 ist mit dem Bezugszeichen 22 gekennzeichnet.

30 Nach dem Servicezeitpunkt  $t_s$  würde die Schädigungskurve ohne eine Wiederaufarbeitung anhand der gestrichelten Linie 25 weiter verlaufen und stark ansteigen, da das Bauteil trotz Wartung nicht die gleichen mechanischen Eigenschaften aufweist wie ein neu hergestelltes Bauteil.

Die restliche Betriebsdauer wäre dadurch relativ kurz.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 und/oder Erosionsschutzschicht 13 auf das vorgeschädigte oder mikrostrukturell veränderte Bauteil 1 wird die Einsatzdauer des Bauteils 1 erheblich verlängert.

35 Durch die Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag und die Schädigung von Bauteilen verringert, so dass der Lebensdauerungsverlauf anhand der Kurve 28 weiter verläuft.

**[0056]** Ebenso wird das Verformungsverhalten von Bauteilen 1 durch die Wärmedämmschicht 7 gleichmäßig, so dass beispielsweise weniger Spannungen entstehen, die zur Schädigung des Bauteils 1 führen könnten.

Auch dadurch wird die Lebensdauer des Bauteils 1 erhöht.

40 Die Lebensdauer wird also verlängert durch Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens des Bauteils und/oder durch die Reduzierung des Wärmeeintrags in das Bauteil 1.

**[0057]** Der Verlauf der Kurve eines Bauteils 1 mit Wärmedämmschicht 7 ist gegenüber dem Kurvenverlauf 25 deutlich abgeflacht, so dass ein solches beschichtetes Bauteil 1 mindestens noch einmal so lange eingesetzt werden kann.

45

## Patentansprüche

1. Bauteil (1, 31, 334, 335, 342, 354, 357, 366) insbesondere für eine Dampfturbine (300, 303),  
mit einer Wärmedämmschicht (7),  
50 insbesondere einer keramischen Wärmedämmschicht (7), und  
mit einer Erosionsschutzschicht (13), die nur  
bei Einsatztemperaturen bis max. 850°C,  
insbesondere bis max. 650°C für einen längeren Einsatz beständig ist.

55

2. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Bauteil (1) ein Gehäuseteil (31, 334, 335, 366) einer Gas- oder Dampfturbine (300, 303) ist.

3. Bauteil nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuseteil ein Turbinengehäuse (366) ist.
- 5 4. Bauteil nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuseteil ein Ventilgehäuse (31) ist.
- 10 5. Bauteil nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuseteil ein Gehäuseteil (334, 335) eines Dampfeinströmbereichs (333) ist.
- 15 6. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Bauteil (1) eine Turbinenschaufel (342, 354, 357) ist.
- 20 7. Bauteil nach Anspruch 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Bauteil (1) aus einem Substrat (4) besteht,  
auf dem (4) die Wärmedämmschicht (7) vorhanden ist, und das Substrat (4) aus einer nickel-, kobalt- oder insbe-  
sondere eisenbasierten Legierung gebildet ist..
- 25 8. Bauteil nach Anspruch 1 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ) besteht.
- 30 9. Bauteil nach Anspruch 1, 7 oder 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Titanoxid ( $TiO_2$ ) besteht.
- 35 10. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
unterhalb der Wärmedämmschicht (7) eine Zwischenschutzschicht (10),  
insbesondere eine MCrAlX-Schicht,  
angeordnet ist,  
wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Nickel, Kobalt und insbesondere Eisen steht  
sowie X Yttrium und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden ist.
- 40 11. Bauteil nach Anspruch 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Bauteil (1) angelegt ist auf eine Temperaturdifferenz im Betrieb,  
insbesondere eine Temperaturdifferenz von mindestens  $200^\circ C$ ,  
gegeben durch eine höhere Temperatur auf der einen Seite (336) des Bauteils (1) und eine niedrigere Temperatur  
auf der anderen Seite (337) des Bauteils (1, 334),  
45 wobei die Wärmedämmschicht (7) auf der Seite (336) des Bauteils (1, 334) aufgebracht ist,  
die der höheren Temperatur ausgesetzt ist,  
um das Verformungsverhalten des Bauteils (1) aufgrund des Temperaturunterschiedes zu vergleichmäßigen.
- 50 12. Bauteil nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die höhere Temperatur mindestens  $400^\circ C$ ,  
insbesondere bis zu  $800^\circ C$  beträgt.
- 55 13. Bauteil nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Zwischenschutzschicht (10) aus  
11,5 wt% bis 20 wt% Chrom,  
0,3 wt% bis 1,5 wt% Silizium,

0 wt% bis 1 wt% Aluminium,  
0 bis 4 wt% Yttrium, sowie  
Rest Eisen besteht.

- 5 14. Bauteil nach Anspruch 13,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Zwischenschicht (10) aus  
12,5 wt% bis 14 wt% Chrom,  
0,5 wt% bis 1,0 wt% Silizium,  
10 0,1 wt% bis 0,5 wt% Aluminium,  
0 bis 4 wt% Yttrium, sowie  
Rest Eisen besteht.
- 15 15. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) metallisch ist.
- 20 16. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) keramisch ist.
- 25 17. Bauteil nach Anspruch 1 oder 15,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) eine eisen-, nickel-, chrom- oder kobaltbasierte Legierung,  
insbesondere NiCr80/20, ist.
- 30 18. Bauteil nach Anspruch 1 oder 16,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) zumindest teilweise, insbesondere zu 100% aus Chromkarbid besteht.
- 35 19. Bauteil nach Anspruch 1, 15 oder 17,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) aus Nickel-Chrom mit Beimengungen von Silizium (Si) und Bor (B) (NiCrSiB) be-  
steht.
- 40 20. Bauteil nach Anspruch 1, 15 oder 17,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) aus Nickel-Aluminium besteht.
- 45 21. Bauteil nach Anspruch 1, 15 oder 16,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) ausgewählt wird aus der Gruppe oder einem Gemisch aus der Gruppe Wolfram-  
karbid, Chromkarbid und Nickel (WC-CrC-Ni), insbesondere mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid,  
20 wt% für Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, und/oder  
45 Chromkarbid mit der Beimischung von Nickel ( $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-Ni}$ ), insbesondere mit einem Anteil von 83 wt% Chromkarbid  
und 17 wt% Nickel, und/oder  
einer Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom ( $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ ),  
insbesondere mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom, und/oder  
Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid,  
50 insbesondere mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.
- 55 22. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Erosionsschutzschicht (13) eine geringere Porosität als die Wärmedämmschicht (7) aufweist.
23. Bauteil nach Anspruch 1, 8, 9 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) zumindest teilweise porös ist.

24. Bauteil nach Anspruch 1 oder 22,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) einen Gradienten in der Porosität aufweist.
- 5 25. Bauteil nach Anspruch 24,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Porosität der Wärmedämmschicht (7) an einer äußeren Fläche am größten ist.
- 10 26. Bauteil nach Anspruch 24,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Porosität der Wärmedämmschicht (7) im äußeren Bereich der Wärmedämmschicht (7) am kleinsten ist.
- 15 27. Bauteil nach Anspruch 1 oder 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Dicke der Wärmedämmschicht (7) auf dem Bauteil (1) lokal (335, 366) unterschiedlich ist.
- 20 28. Bauteil nach Anspruch 1, 8, 9 oder 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
verschiedene Materialien für die Wärmedämmschicht (7) an verschiedenen Stellen (335, 366) des Bauteils (1, 335, 366) verwendet werden.
- 25 29. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich (333) und im Beschauelungsbereich (366) einer Dampfturbine (300, 303) aufgebracht ist.
- 30 30. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) nur im Einströmbereich (333) einer Dampfturbine (300, 303) aufgebracht ist.
- 35 31. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) nur im Beschauelungsbereich (366) einer Dampfturbine (300, 303) aufgebracht ist.
- 40 32. Bauteil nach Anspruch 1 oder 27,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Dicke der Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich (333) dicker ist als im Beschauelungsbereich (366).
- 45 33. Bauteil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wärmedämmschicht (7) mit Erosionsschutzschicht (13) bei wieder aufgearbeiteten Bauteilen (1) aufgebracht ist.
- 50
- 55

FIG 1

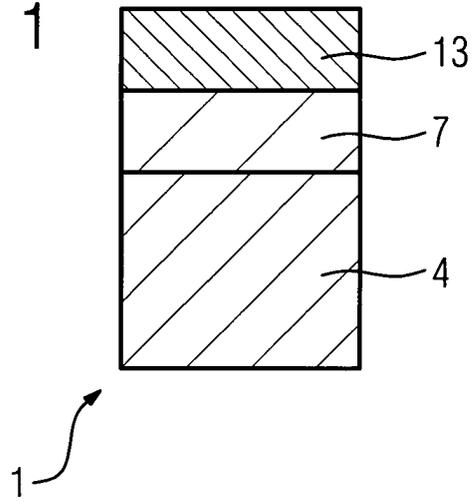


FIG 2

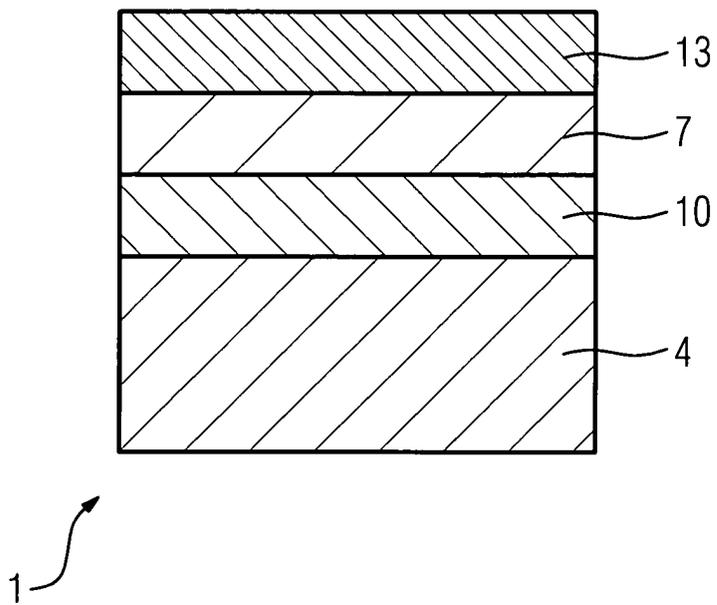


FIG 3

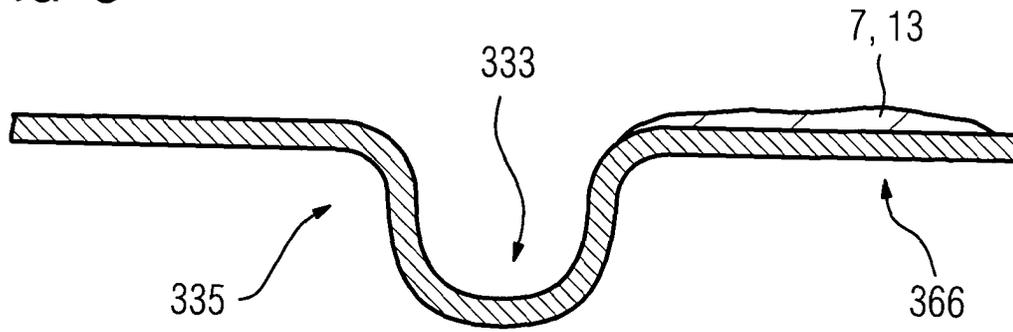


FIG 4

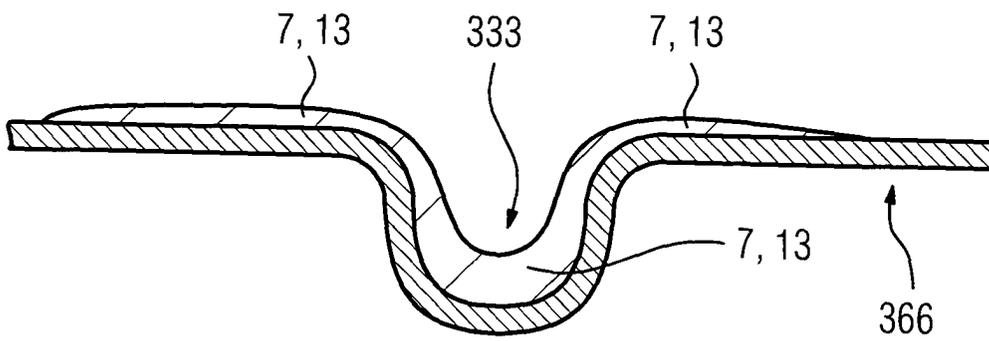


FIG 5

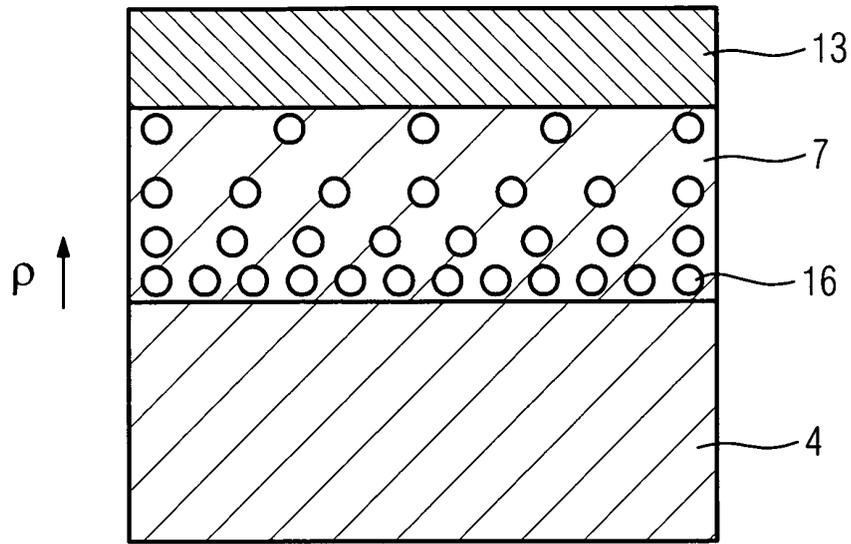


FIG 6

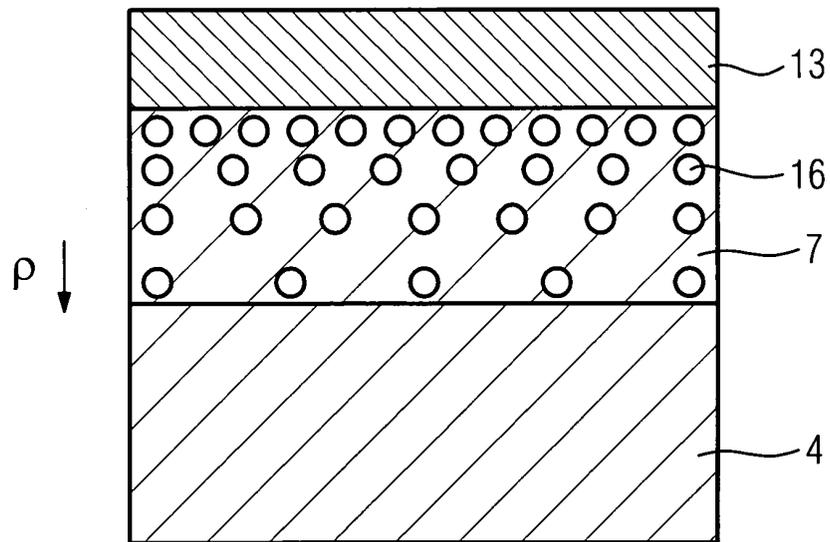


FIG 7A

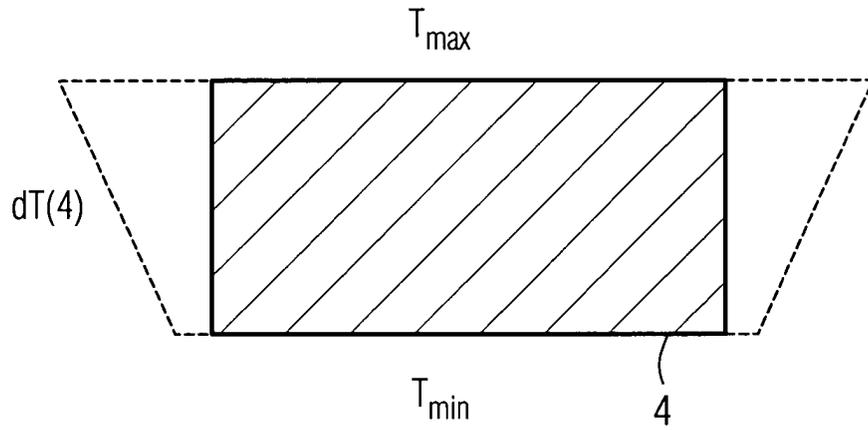


FIG 7B

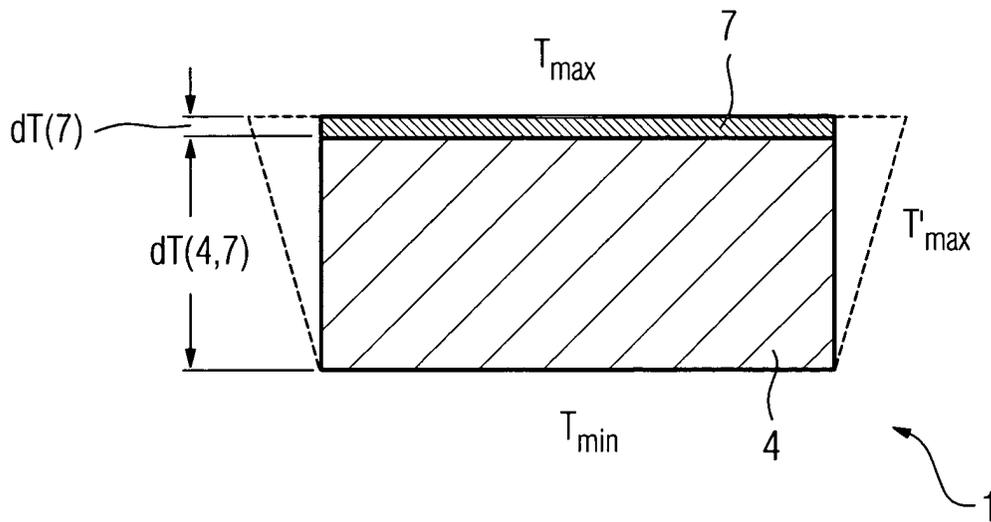


FIG 8

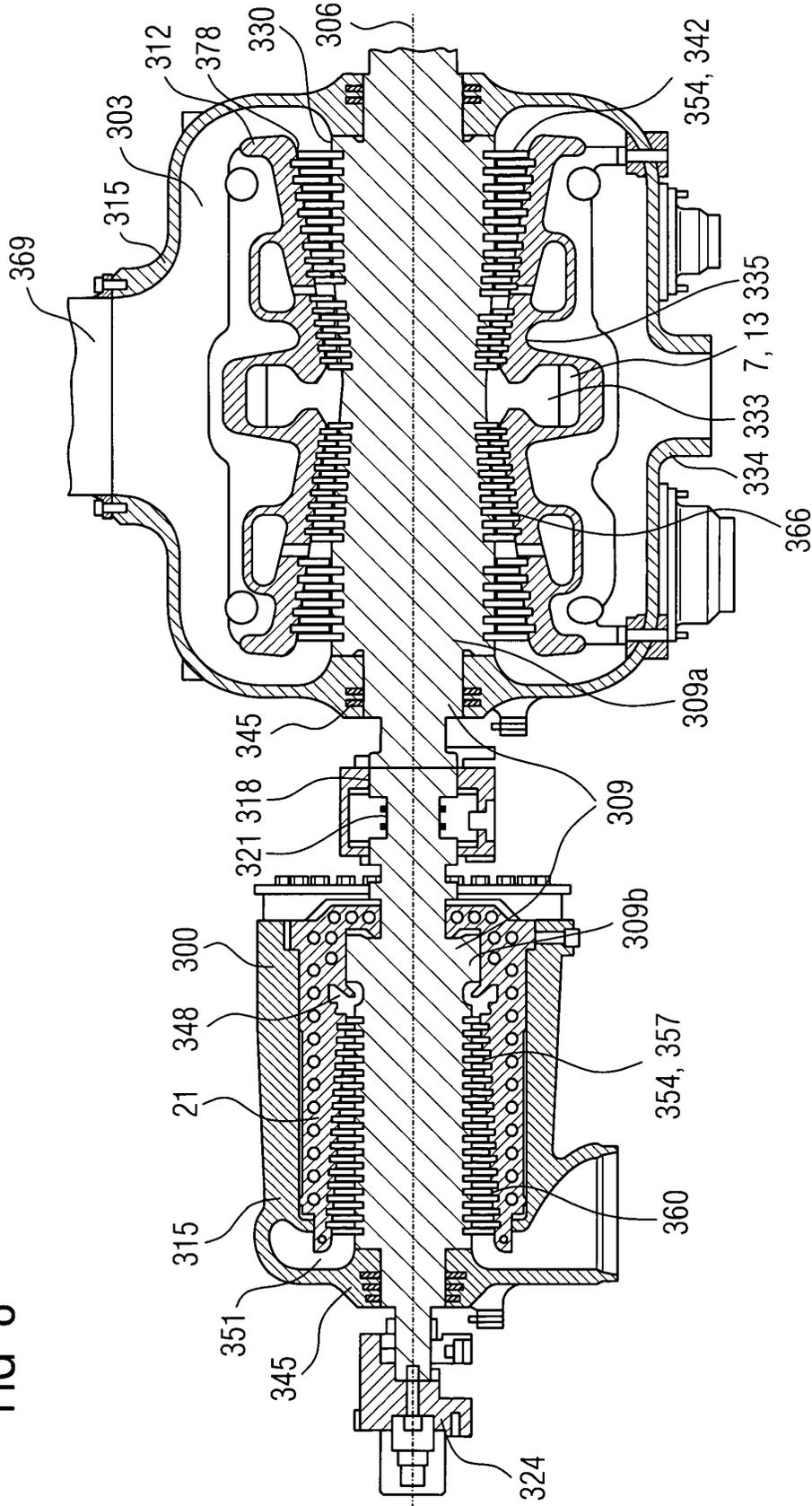


FIG 9

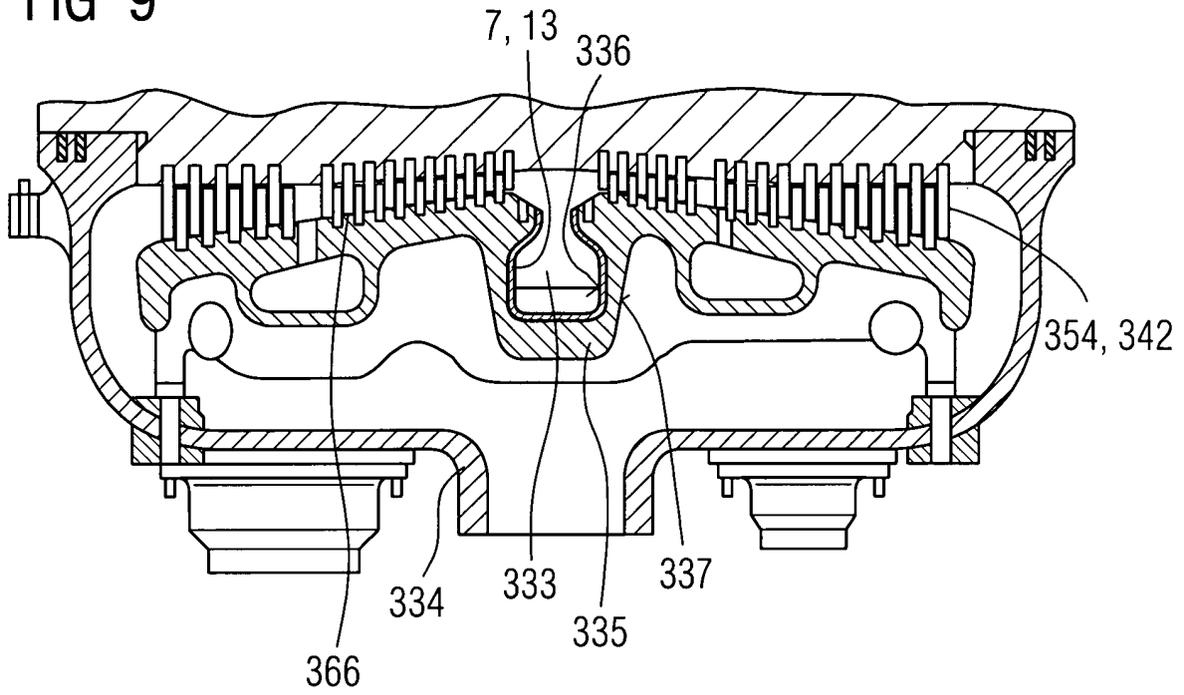


FIG 10

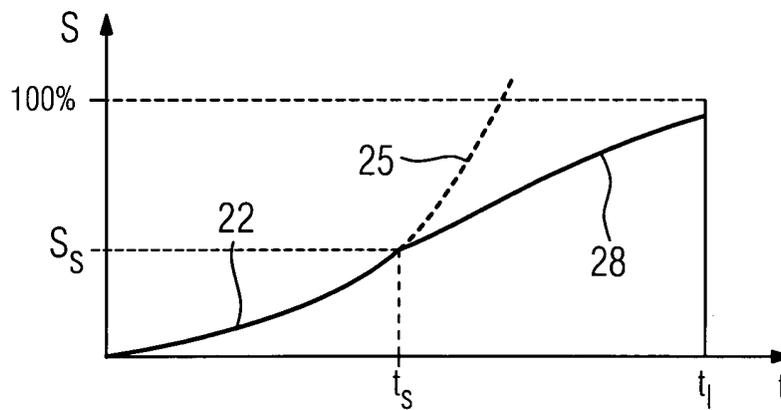
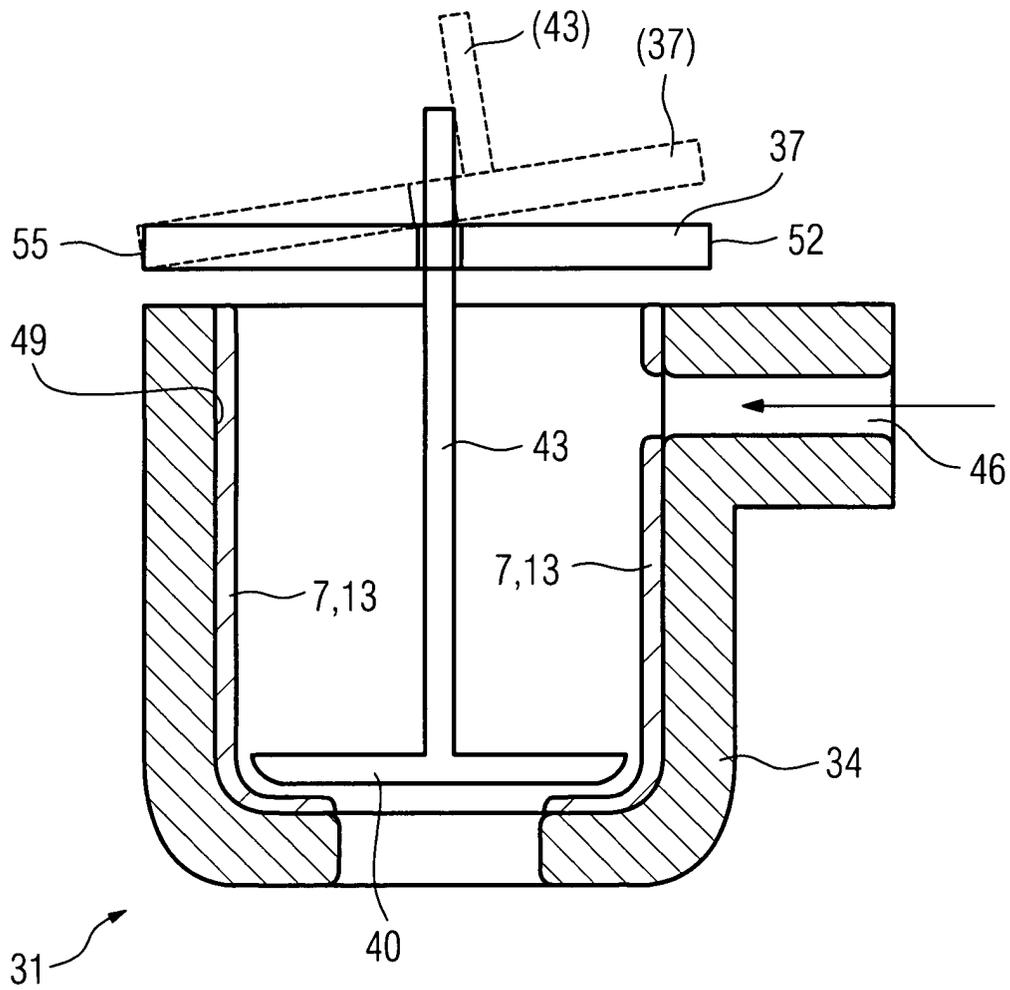


FIG 11





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V ET AL) 27. September 1994 (1994-09-27)	1,6-8, 10,16, 22-24,26	F01D25/08 F01D5/28
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5 * * Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 66 * * * Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 61 * * Spalte 4, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 39 * * * Spalte 6, Zeile 45 - Zeile 58 * ---	17-21	
X	US 2003/152814 A1 (MALONEY MICHAEL J ET AL) 14. August 2003 (2003-08-14) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absatz [0001] - Absatz [0005] * * Absatz [0008] - Absatz [0011] * * Absatz [0016] - Absatz [0017] * * Absatz [0019] - Absatz [0021] * * Absätze [0031],[0039] * * Ansprüche 1,17 * ---	1,2,6-8, 10,24,25	
X	EP 0 783 043 A (GEN ELECTRIC) 9. Juli 1997 (1997-07-09) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 8 * * Seite 1, Zeile 36 - Seite 2, Zeile 42 * * Seite 2, Zeile 49 - Seite 3, Zeile 13 * ---	1-3,6,7, 9,10,15, 16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D F02C
Y	US 5 683 226 A (CLARK EUGENE V ET AL) 4. November 1997 (1997-11-04) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 14 * * Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 17 * * * Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 3, Zeile 19 * * ---	18,21 27-33	
A			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>4. Juni 2004</b>	
		Prüfer <b>de Rooij, M</b>	
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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	US 2003/035892 A1 (RIGNEY JOSEPH D ET AL) 20. Februar 2003 (2003-02-20) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Absatz [0002] - Absatz [0009] * * Absatz [0015] * * Ansprüche 1-5,8 *	17,19,20	RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	WO 00/70190 A (SCHMITZ FRIEDHELM ;SIEMENS AG (DE)) 23. November 2000 (2000-11-23) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,3 * * Seite 1, Zeile 6 - Zeile 26 * * Seite 3, Zeile 36 - Seite 4, Zeile 32 * * Seite 6, Zeile 31 - Seite 7, Zeile 25 * * Seite 11, Zeile 20 - Seite 13, Zeile 13 *	2-5, 29-33	
X	US 5 740 515 A (BEELE WOLFRAM) 14. April 1998 (1998-04-14) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 12 * * Spalte 2, Zeile 6 - Spalte 3, Zeile 7 * * Spalte 5, Zeile 28 - Zeile 60 * * Ansprüche * & US 5 273 712 A (CZECH ET AL.) 28. Dezember 1993 (1993-12-28)	1,6,7, 10,13,16	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>4. Juni 2004</b>	Prüfer <b>de Rooij, M</b>
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 03 02 8576

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.

04-06-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5350599 A	27-09-1994	KEINE	
US 2003152814 A1	14-08-2003	CN 1439798 A EP 1340833 A1 JP 2003268569 A SG 99973 A1	03-09-2003 03-09-2003 25-09-2003 27-11-2003
EP 0783043 A	09-07-1997	US 5683825 A DE 69607449 D1 DE 69607449 T2 EP 0783043 A1 JP 9279364 A	04-11-1997 04-05-2000 26-10-2000 09-07-1997 28-10-1997
US 5683226 A	04-11-1997	KEINE	
US 2003035892 A1	20-02-2003	US 6461746 B1	08-10-2002
WO 0070190 A	23-11-2000	CA 2372880 A1 CN 1359446 T DE 50006157 D1 WO 0070190 A1 EP 1181437 A1 JP 2002544396 T	23-11-2000 17-07-2002 27-05-2004 23-11-2000 27-02-2002 24-12-2002
US 5740515 A	14-04-1998	CN 1185183 A CZ 9703157 A3 DE 69615012 D1 DE 69615012 T2 DK 820535 T3 WO 9631636 A1 EP 0820535 A1 ES 2162048 T3 IN 187892 A1 JP 3464003 B2 JP 11506500 T RU 2167220 C2	17-06-1998 18-03-1998 11-10-2001 13-06-2002 07-01-2002 10-10-1996 28-01-1998 16-12-2001 20-07-2002 05-11-2003 08-06-1999 20-05-2001

EPO FORM P0461

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