



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.08.2005 Patentblatt 2005/31

(51) Int Cl.7: **B08B 3/12**

(21) Anmeldenummer: **04001725.3**

(22) Anmeldetag: **27.01.2004**

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

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

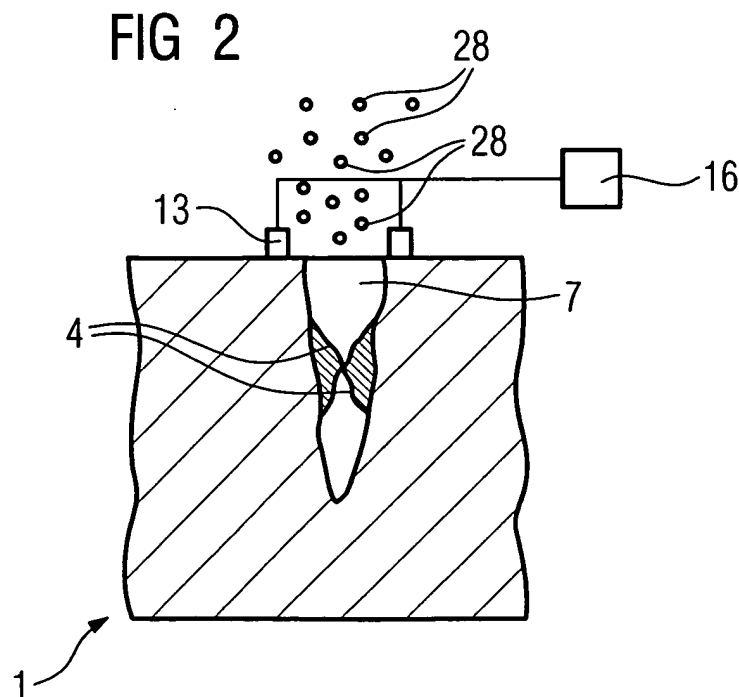
(72) Erfinder:
• **Bast, Ulrich, Dr.**
81667 München (DE)
• **Kobusch, Manfred**
81739 München (DE)
• **Ott, Michael, Dr.**
45478 Mülheim (DE)
• **Rothenfusser, Max**
81377 München (DE)

(54) **Verfahren zum Entfernen eines Korrosionsproduktes**

(57) Reinigungsverfahren von Bauteilen, bei denen Halogenide verwendet werden, um Oxidations- und/oder Korrosionsprodukte zu entfernen, sind zeit- und kostenintensiv.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Bauteil (1) mechanisch erregt, so dass eine Reaktions-

fläche zwischen dem Halogenid (28) und dem zu entfernenden Korrosionsprodukt (4) vergrößert wird, indem Risse in dem zu entfernenden Korrosionsprodukt (4) erzeugt werden und/oder Reaktionsprodukte von dem Halogenid (28) und dem zu entfernenden Korrosionsprodukt (4) besser entfernt werden und neues Halogen (28) zugeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entfernen eines Korrosionsproduktes nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bauteile für Hochtemperaturanwendungen sind nach ihrem Einsatz durch Korrosion, d.h. auch durch Oxidation geschädigt. Auch wenn auf diesem Bauteil eine metallische Schutzschicht und/oder eine keramische Wärmedämmschicht vorhanden war, kann trotzdem eine Schädigung des Bauteils (Substrats) auftreten, beispielsweise in Form von gewachsenen Korrosionsschichten und/oder Rissen.

[0003] Solche Bauteile sind beispielsweise Turbinenschaufeln, Brennkammerauskleidungen sowie weitere Gehäuseteile einer Gas- oder Dampfturbine.

Um die Kosten für den Betrieb einer Turbine zu senken, werden solch teure Bauteile nach einer bestimmten Einsatzdauer wieder aufgearbeitet. Dabei werden gegebenenfalls aufgebrachte Schichten entfernt, wie z.B. durch Säurestrippen, und Korrosionsschichten bzw. -Produkte, die sich im Betrieb gebildet haben, entfernt.

Ebenso können sich im Bauteil oder Substrat Risse gebildet haben, die ebenfalls korrodiert sind. Solche Risse müssen repariert werden. Dies kann dadurch geschehen, dass ein Bereich um den Riss abgetragen wird und mit Lot oder ggf. noch mit einem Einsatz aufgefüllt wird. Oft ist jedoch erwünscht, dass der Riss nur mit einem Lot gefüllt wird. Jedoch muss dann der Riss frei von Verunreinigungen sein. In den Rissen hat sich jedoch oft auch eine Korrosionsschicht gebildet. Diese muss entfernt werden.

Dies geschieht beispielsweise durch Fluoridreinigung, wie es aus der US-PS 6,348,440, US-PS 6,194,365 oder US-PS 6,346,505 bekannt ist. Dabei wird ein Bauteil in ein Gas bei hohen Temperaturen von 1000 °C eingebracht.

Diese Verfahren sind jedoch sehr zeitintensiv und wegen den hohen Temperaturen auch teuer.

[0004] Die US-PS 4,629,128 zeigt eine Druckluftpistole.

[0005] Die US-PS 6,315,639 B1 offenbart eine Methode, um Rohre zu reinigen.

[0006] Die US-PS 6,521,860 B2 offenbart eine Laserapparatur, bei der durch den Laser abgetragenes Material aus dem Laserstrahlpfad entfernt wird.

[0007] Die US 6,361,610 B1 offenbart eine Methode, um ein Gussteil zu reinigen.

[0008] Die DE 199 07 012 offenbart die Verwendung von lasererzeugten Schockwellen innerhalb der Medizintechnik.

[0009] In dem Buch von H. Blumenauer "Werkstoffprüfung", 5. Aufl., VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1989, ist die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit dem Wirbelstromverfahren beschrieben. Es beruht darauf, dass das elektromagnetische Wechselfeld einer von Wechselstrom durchflossenen Spule verändert wird, wenn eine metallische Probe in

ihren Wirkungsbereich gebracht wird. Durch das Primärfeld der Spule wird in der zu untersuchenden Probe eine Wechselspannung induziert, die ihrerseits einen Wechselstrom erzeugt, der seinerseits wiederum ein magnetisches Wechselfeld erzeugt. Dieses sekundäre Wechselfeld wirkt charakteristischerweise dem Primärfeld entgegen und verändert somit seine Parameter. Die Veränderung lässt sich messtechnisch erfassen. Dazu wird beispielsweise bei Spulen mit Primär- und Sekundärwicklung die Sekundärspannung gemessen (transformatorisches Prinzip). Oder es wird, beispielsweise bei Spulen mit nur einer Wicklung, deren Scheinwiderstand ermittelt (parametrisches Prinzip). Gemäß der in einem Wechselstromkreis geltenden Gesetze wird durch die Induktion in der Spule und in der Probe bei der parametrischen Anordnung außer dem Ohm'schen Widerstand noch ein induktiver Widerstand erzeugt und bei der transformatorischen Anordnung außer der realen Messspannung noch eine imaginäre Messspannung erzeugt. Beide Anteile werden in komplexer Form in der Scheinwiderstandsebene bzw. der komplexen Spannungsebene dargestellt. In diesen beiden Beispielen macht sich die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung den Effekt zu Nutze, dass die Veränderungen des Primärfeldes von den physikalischen und geometrischen Probeneigenschaften sowie den Geräteeigenschaften abhängen. Geräteeigenschaften sind u.a. die Frequenz, die Stromstärke, die Spannung und die Windungszahl der Spule. Probeneigenschaften sind u.a. elektrische Leitfähigkeit, Permeabilität, Probenform sowie Werkstoffinhomogenitäten im Bereich der Wirbelströme. Neuere Geräte zur induktiven Prüfung erlauben Messungen bei mehreren Anregungsfrequenzen. Dazu kann beispielsweise die Frequenz während einer Messung automatisch verändert werden, oder die Frequenz wird vom Benutzer während zweier Messungen manuell verstellt. Die Frequenz hat einen wesentlichen Einfluss auf die Eindringtiefe der Wirbelströme. Es gilt näherungsweise:

$$\delta = \frac{503}{\sqrt{f \cdot \sigma \cdot \mu_r}}$$

δ [mm] Eindringtiefe,

f [Hz] Frequenz,

σ [MS/m = m/(Ω mm²)] spezifische Leitfähigkeit,

μ_r relative Permeabilität.

[0010] Die Eindringtiefe verringert sich mit wachsender Frequenz.

[0011] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren aufzuzeigen, bei dem Korrosionsprodukte eines Bauteils durch Reaktion eines Reaktivmediums mit dem Korrosionsprodukt schneller und effektiver entfernt werden.

[0012] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1.

[0013] In den Unteransprüchen sind weitere vorteil-

hafte Maßnahmen des Verfahrens aufgelistet.
Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander kombiniert werden.

[0014] Es zeigen

Figur 1 ein Bauteil, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt wird,
Figur 2, 3, 4, 5 beispielhafte Anordnungen um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen,
Figur 6 eine Gasturbine,
Figur 7 eine Brennkammer.

[0015] Figur 1 zeigt ein beispielhaftes Bauteil 1, das mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens behandelt wird.

Das Bauteil 1 ist beispielsweise ein Bauteil einer Dampfkessel-Gasturbine 100 (Fig. 6). Insbesondere ist das Bauteil 1 eine Turbinenschaufel 120, 130 (Fig. 6), ein Gehäuseeteil oder eine Brennkammerauskleidung 155 einer Brennkammer 110 (Fig. 7) einer Gasturbine 100. Für Gasturbinen 100 werden insbesondere Bauteile 1 aus einer eisen-, nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung verwendet.

[0016] Das Bauteil 1 weist beispielsweise zumindest einen Riss 7 ausgehend von einer Oberfläche 10 des Bauteils 1 auf.

In diesem Riss 7 ist zumindest ein Korrosionsprodukt 4 (Oxid, Sulfid, Phosphorid....) bspw. als Korrosionsschicht 4 vorhanden, das während seines Einsatzes entstanden ist. Nachdem ein solcher Riss 7 mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens behandelt worden ist, wird der Riss 7 verschlossen, beispielsweise durch Auffüllen mit einem Lot oder durch Zuschweißen. Das Lot oder der Schweißwerkstoff würde an einem Oxid oder Korrosionsprodukt schlecht haften, so dass die Reinigung vorher notwendig ist.

Nachdem der Riss 7 aufgefüllt ist, kann bspw. auf die Oberfläche 10 wieder eine metallische Schutzschicht der Zusammensetzung MCrAlX aufgebracht werden, wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Eisen, Kobalt oder Nickel steht sowie X für Yttrium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden (Aktivelemente).

Auf die MCrAlX-Schicht kann wiederum eine keramische Schicht, insbesondere eine Wärmedämmschicht aufgebracht werden. Somit ist ein benutztes Teil wieder aufgearbeitet (Refurbishment).

[0017] Solche Korrosionsprodukte 4 werden nach dem Stand der Technik mit einem Fluorid oder Fluor, einem Reaktivmedium 28, behandelt. Das Reaktivmedium 28 löst das Korrosionsprodukt 4 auf, um freie metallische Oberflächen zu erzeugen. Die Reaktion des Reaktivmediums 28 mit dem Korrosionsprodukt 4 erzeugt eine bestimmte charakteristische Abtragungsrate des Korrosionsprodukts 4.

[0018] Die Korrosionsprodukte 4 müssen nicht in einem Riss 7, sondern können auch auf der Oberfläche

10 des Bauteils 1 vorhanden sein und müssen für eine erneute Beschichtung entfernt werden.

[0019] Im folgenden werden nur beispielhaft Halogene 28 als Reaktivmedium 28 erwähnt.

5 **[0020]** Der Abtrag des Korrosionsproduktes 4 erfolgt bisher vielfach nicht schnell oder ausreichend genug, da die Berührungsfläche des Halogens 28 mit dem zu entfernenden Korrosionsprodukt 4 zu gering oder mit dem Reaktionsprodukt aus Halogen 28 und Korrosionsprodukt 4 belegt ist, das dann passivierend wirkt.

10 **[0021]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird daher zumindest das Korrosionsprodukt - ggf. mittels des Bauteils 1 - durch zumindest ein Erregungsmittel beispielsweise mechanisch erregt, um die Reaktion zu unterstützen, so dass ständig neues Halogen 28 zu der Reaktionsoberfläche des zu entfernenden Korrosionsprodukts 4 geführt wird, die Berührungsfläche oder Angriffsfläche vergrößert wird und Reaktionsprodukte von dem Halogen 28 und dem Korrosionsprodukt 4 entfernt werden, so dass die Abtragungsrate des Korrosionsprodukts 4 erhöht wird.

Zur Reinigung können als Reaktivmedium 28 zumindest ein Halogen (Cl) und/oder zumindest ein Halogenid (HCl), insbesondere Fluoride (HF) und/oder Halogenverbindungen verwendet werden.

25 Es können auch Flüssigkeiten als Reaktivmedium 28 verwendet werden.

[0022] Ebenso können durch die Erregung des Erregungsmittels in dem im Vergleich zum Werkstoff des Bauteils spröderen Korrosionsprodukt 4 Risse erzeugt werden, wodurch sich aufgrund der neu geschaffenen Oberflächen eine größere Angriffsfläche für das Halogen 28 ergibt. Dadurch wird die Zeit, die benötigt wird, um die gesamten Korrosionsprodukte 4 zu entfernen, erheblich verkürzt, so dass die Abtragungsrate erhöht wird.

Auch der Einsatz des Halogens 28 wird dabei reduziert. Dadurch entstehen erhebliche Kostenvorteile.

[0023] Das Bauteil 1 kann in einer Lösung des Halogenids 28 vorhanden sein.

Ebenso ist es möglich, das Bauteil 1 in eine Salzsäure (bspw. KCl und LiCl bei 350°C) eines halogenhaltigen Salzes einzubringen.

Dabei kann das Salz 28 oder das Halogenid 28 durch Auftrag eines Schlickers auch lokal im Riss 7 oder darum aufgebracht werden und eine Schmelze wird durch lokale Erhitzung des Reaktivmediums 28 oder durch Erhitzung des Bauteils 1 erzeugt, um die Reaktion zwischen Reaktivmedium 28 und Korrosionsprodukt 4 starten zu lassen.

Bei der Verwendung von Lösungen (100°C) oder Schmelzen (bis 600°C) werden deutlich niedrigere Temperaturen verwendet als bei aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren (1000°C).

55 **[0024]** Bei allen Verfahrensvarianten kann Sauerstoff hinzugegeben werden, um die Fläche um den Riss 7 durch Oxidbildung vor einem Angriff des Halogens zu schützen. Diese Oxidschicht lässt sich leicht durch

Strahlen (Sandstrahlen) oder Säure entfernen, da sie flächig ausgebildet ist.

[0025] Das Bauteil 1 mit dem Korrosionsprodukt 4 wird beispielsweise durch Piezokristalle 13 (Fig. 2) erregt, die das Erregungsmittel darstellen und durch Anlegen einer elektrischen Wechselspannung mechanisch schwingen.

Die Piezokristalle 13 sind insbesondere in der Nähe des Risses 4 angeordnet. So wird mechanische Energie in die Umgebung des Risses 4 eingebracht. Das metallische Material des Bauteils 1 ist duktil und wird durch die mechanische Erregung nicht geschädigt. Jedoch sind die Korrosionsprodukte 4 spröde und können durch die mechanische Erregung aufgebrochen werden, wodurch sich Risse im Korrosionsprodukt 4 bilden.

Das Bauteil 1 muss bei der Verwendung von Piezokristallen 13 nicht unbedingt in einer Flüssigkeit angeordnet sein.

[0026] Ebenso können anstatt der oder zusätzlich zu den Piezoelektroden 13 Ultraschallsonden (nicht dargestellt) in dem wässrigen Bad (Fluid) verwendet werden.

[0027] Figur 3 zeigt eine weitere Anordnung um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

[0028] In diesem Fall wird eine Wirbelstromsonde 19 als Erregungsmittel verwendet, um das Bauteil 1 mechanisch zu regeln. Die Wirbelstromsonde 19 kann bei verschiedenen Frequenzen f_1 , f_2 und f_3 betrieben werden. Die verschiedenen Frequenzen f_1 , f_2 und f_3 entsprechen verschiedenen Eindringtiefen t_1 , t_2 und t_3 in das Bauteil 1 ausgehend von der Oberfläche 10.

Die Frequenzen f können schrittweise oder kontinuierlich verändert werden.

[0029] Die Wirbelstromsonde 19 ist in der Umgebung des Risses 4, insbesondere um den Riss 4 angeordnet. Dabei wird die Frequenz f so verändert, dass immer größere Eindringtiefen t_1 - t_3 in dem Bauteil 1 erzeugt werden, insbesondere abhängig von der Abtragungsrate des Korrosionsproduktes 4 in dem Riss 7, so dass das Korrosionsprodukt 4 von der Oberfläche 10 bis zum Rissende nach und nach abgetragen wird. Dies ist sinnvoll, da der Riss 7 oft durch Korrosionsprodukte 4 verschlossene Hohlräume aufweist.

Es ist jedoch auch möglich, am Anfang die Frequenz f auf das Rissende im Bauteil 1 einzustellen.

Das Bauteil 1 muss bei der Verwendung einer Wirbelstromsonde 19 nicht unbedingt in einer Flüssigkeit angeordnet sein.

[0030] Figur 4 zeigt eine weitere Anordnung um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

Bei dieser Anordnung ist beispielsweise ein Laser 22 als Erregungsmittel vorhanden, der Laserstrahlen 25 aussendet, um Laserdruckwellen 25 zu erzeugen. Die Laserdruckwellen 25 werden beispielsweise gezielt auf den Riss 7 oder das Korrosionsprodukt 4 gerichtet. Durch diese Fokussierung erfolgt ein stark örtlich begrenzter Energieeintrag unmittelbar in die zu entfernten Korrosionsprodukte 4. Hingegen war bei den Anordnungen gemäß der Figur 2 und 3 noch das Substrat

des Bauteils 1 notwendig, um die mechanischen Schwingungen und Erregungen auf das Korrosionsprodukt 4 zu übertragen. Die notwendige Energie für die Erregung kann dadurch reduziert werden.

5 Der Laser 22 kann auch verwendet werden, um das Reaktivmedium 28 zu erwärmen, bspw. um ein Salz aufzuschmelzen.

Das Bauteil 1 muss bei der Verwendung eines Lasers 22 nicht unbedingt in einer Flüssigkeit angeordnet sein.

10 **[0031]** Figur 5 a), b) zeigt eine weitere Möglichkeit um Druckwellen zu erzeugen.

Hier werden beispielsweise Piezokristalle 31, die an einem Ende auf einer akustischen Linse 34 angeordnet sind, mechanisch erregt. Die Piezokristalle 31 werden 15 beispielsweise pulsartig betrieben. Die Höhe und Länge der Pulsdauer kann dem Verfahren und der optischen Linse 34 angepasst werden.

Die akustische Linse 34 weist an einem anderen Ende eine konkav gekrümmte Fläche 40 aus, von der ausgehend sich aufgrund der Anregung der Piezokristalle eine Druckwelle 37 bildet.

Die Druckwellen 37 konzentrieren sich bspw. so, dass der Brennpunkt 38 der Druckwellen im Bereich des Risses 7 an der Oberfläche 10 des Bauteils 1 liegt.

25 Der Brennpunkt kann auch am Ende des Risses 7 ausgebildet sein oder während des Verfahrens verschoben werden.

[0032] Die Druckwellen können auch erzeugt werden, wenn das Bauteil 1 in einem Behälter 46 in einer Flüssigkeit 43 angeordnet ist (Fig. 5b)). Die Linse 34 kann 30 in oder außerhalb der Flüssigkeit 43 angeordnet sein.

[0033] Ebenso können mehrere Erregungsmittel (Wirbelstromsonde 19, Laser 22 oder Linse 34) gleichzeitig betrieben werden.

35 **[0034]** Abschließend kann nach den Verfahren gemäß Figuren 2 bis 5 noch ein Endreinigungsschritt erfolgen, um Reste des Reaktivmediums 28, also bspw. von Halogenen und Halogenidprodukten zu entfernen.

[0035] Die Figur 6 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine beispielsweise torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer 106, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

50 Die Ringbrennkammer 106 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinandergeschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

Jede Turbinenstufe 112 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

[0036] Die Leitschaufeln 130 sind dabei am Stator 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 bspw. mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind. An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

[0037] Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt.

[0038] Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

[0039] Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 106 auskleidenden Hitzeschildsteinen am meisten thermisch belastet.

Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, werden diese mittels eines Kühlmittels gekühlt.

Ebenso können die Substrate eine gerichtete Struktur aufweisen, d.h. sie sind einkristallin (SX-Struktur) oder weisen nur längsgerichtete Körner auf (DS-Struktur).

Als Material werden eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet. Nach dem ersten Einsatz können solche Bauteile Korrosionsprodukte 4 oder Risse 7 aufweisen, wobei dieses mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt werden.

[0040] Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X steht für Yttrium (Y) und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden) und Wärme durch eine Wärmedämmschicht aufweisen. Die Wärmedämmschicht besteht beispielsweise aus ZrO_2 , Y_2O_3 - ZrO_2 , d. h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid. Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

[0041] Die Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegenden Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103 zugewandt und an einem Befestigungsring 140 des Stators 143 festgelegt.

[0042] Die Figur 7 zeigt eine Brennkammer 110 einer Gasturbine.

Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um die Turbinenwelle 103 herum angeordneten Brennern 102 in einen gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Turbinenwelle 103 herum positioniert ist.

[0043] Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 110 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1000°C bis 1600°C ausgelegt. Um auch bei diesen, für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 153 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildelementen 155 gebildeten Innenauskleidung versehen. Jedes Hitzeschildelement 155 ist arbeitsmediumsseitig mit einer besonders hitzebeständigen Schutzschicht ausgestattet oder aus hochtemperaturbeständigem Material gefertigt. Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 ist zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen. Nach dem ersten Einsatz können solche Bauteile Korrosionsprodukte 4 oder Risse 7 aufweisen, wobei diese mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt werden.

[0044] Die Materialien der Brennkammerwand und deren Beschichtungen können ähnlich der Turbinenschaufeln sein.

[0045] Die Brennkammer 110 ist insbesondere für eine Detektion von Verlusten der Hitzeschildelemente 155 ausgelegt. Dazu sind zwischen der Brennkammerwand 153 und den Hitzeschildelementen 155 eine Anzahl von Temperatursensoren 158 positioniert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen zumindest eines Korrosionsproduktes (4) von einem Bauteil (1), bei dem zumindest ein Reaktivmedium (28) verwendet wird, das mit dem Korrosionsprodukt (4) reagiert und dabei eine bestimmte Abtragsrate des Korrosionsproduktes (4) bewirkt, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Erregungsmittel (13, 19, 22) das zumindest eine Korrosionsprodukt (4) erregt, insbesondere ein Erregungsmittel (13, 19, 22) zur mechanischen Erregung, um die Abtragsrate des Korrosionsproduktes (4) zu erhöhen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Druckwellen, insbesondere Laserdruckwellen, ver-

wendet werden,
um das Bauteil (1) mit dem Korrosionsprodukt (4)
mechanisch zu erregen.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest eine akustische Linse (34) verwendet
wird, um Druckwellen (37) zu erzeugen,
wobei insbesondere Piezokristalle (31) verwendet
werden, um Druckwellen (37) zu erzeugen. 10
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil (1) einen Riss (7) aufweist, und
dass die Korrosionsprodukte (4) aus dem Riss (7)
entfernt werden. 15
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
das zumindest eine Erregungsmittel (13, 19, 22) auf
die Korrosionsprodukte (4),
insbesondere auf einen Riss (7),
ausgerichtet wird. 20
6. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
Druckwellen verwendet werden,
die insbesondere direkt auf die Korrosionsprodukte
(4), insbesondere in einen Riss (7) hinein,
gerichtet werden. 25
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf einer Oberfläche (10) des Bauteils (1) Piezokri-
stalle (13) betrieben werden,
insbesondere in der Nähe des Korrosionsproduktes
(4),
die das Bauteil (1) mit dem Korrosionsprodukt (4)
mechanisch erregen. 30
8. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Wirbelstromsonde (19) betrieben wird,
die insbesondere auf einer Oberfläche (10) des
Bauteils angeordnet ist,
um das Bauteil (1) mit dem Korrosionsprodukt (4)
mechanisch zu erregen. 35
9. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil (1) mit dem Korrosionsprodukt (4)
in einem Fluid (43) angeordnet ist, und
dass in dem Fluid (43) eine Ultraschallsonde als Er-
regungsmittel betrieben wird,
die das Fluid insbesondere im Bereich des Korrosi-
onsproduktes (4) mechanisch erregt. 40

10. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass
als Reaktivmedium (28) zumindest eine Halogen-
verbindung und/oder ein Halogengas (28),
insbesondere Fluor,
verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Reaktivmedium (28) Sauerstoff beigemischt
wird,
der eine schützende Oxidschicht auf den Flächen
um das Korrosionsprodukt (4) bildet.
12. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
Korrosionsprodukte (4) von einer Turbinenschaufel
(120, 130) einer Dampf- oder Gasturbine (100) oder
von einer Brennkammerauskleidung (155) entfernt
werden.
13. Verfahren nach Anspruch 1 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Bauteil (1) nach der Entfernung der Korrosions-
produkte (4) mit zumindest einer Schicht,
insbesondere einer metallischen Schutzschicht
und/oder einer keramischen Wärmedämmschicht,
beschichtet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1, 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Bauteil (1) aus einer eisen-, nickel- oder kobalt-
basierten Superlegierung besteht.

FIG 1

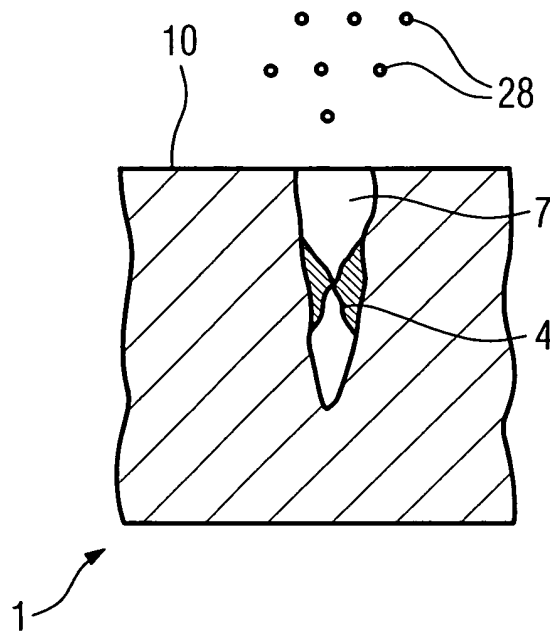


FIG 2

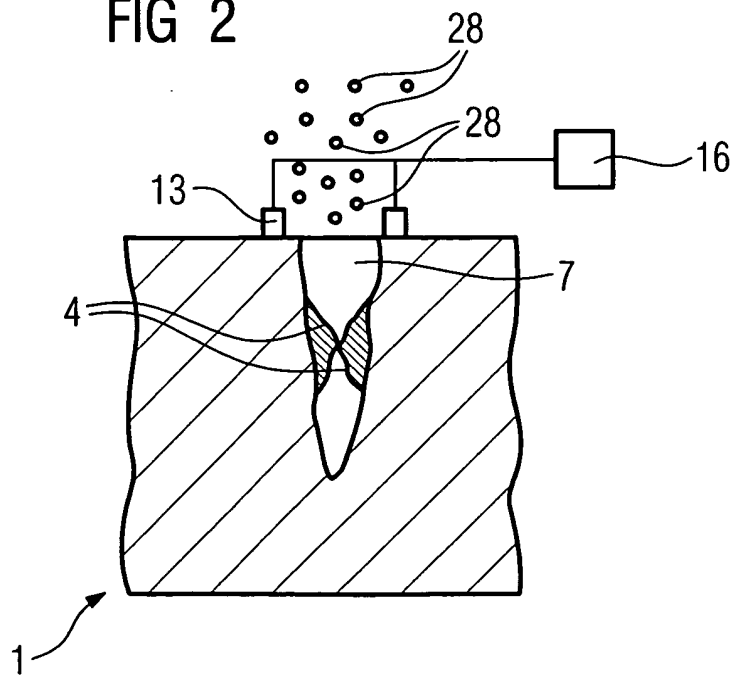


FIG 3

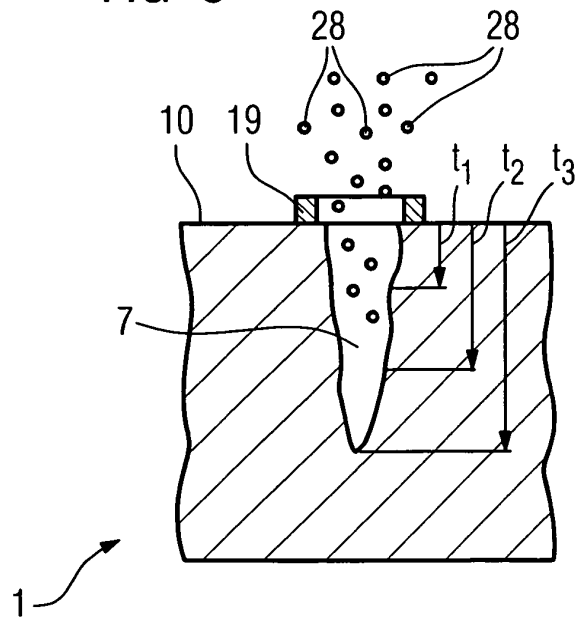


FIG 4

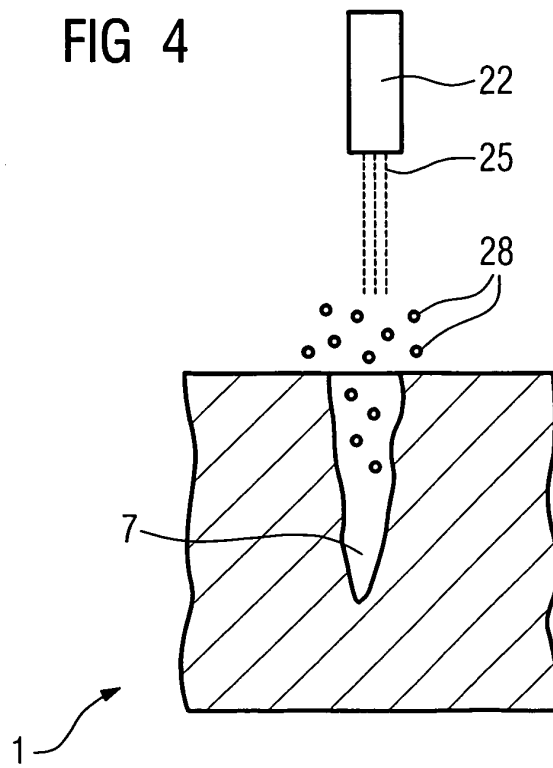


FIG 5a

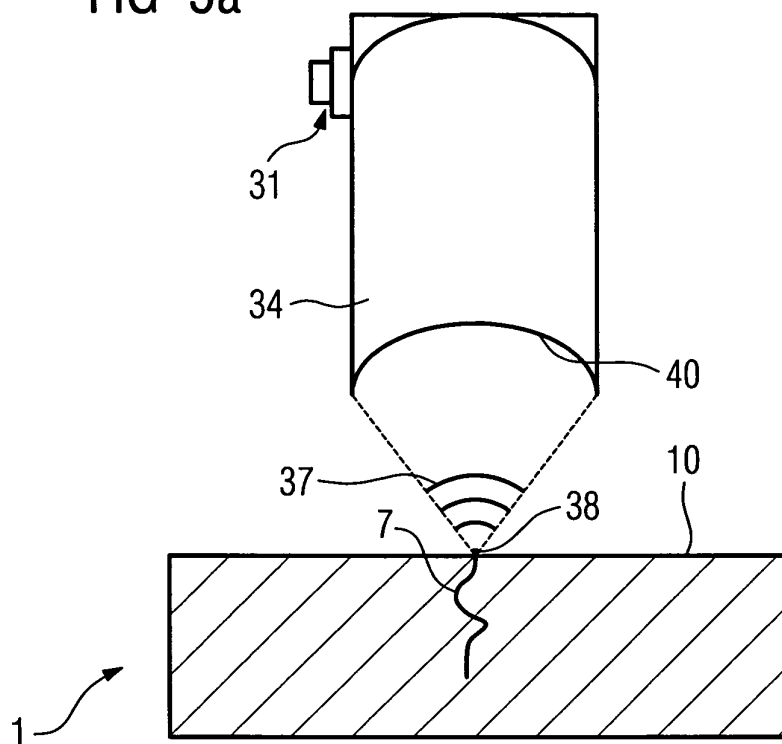


FIG 5b

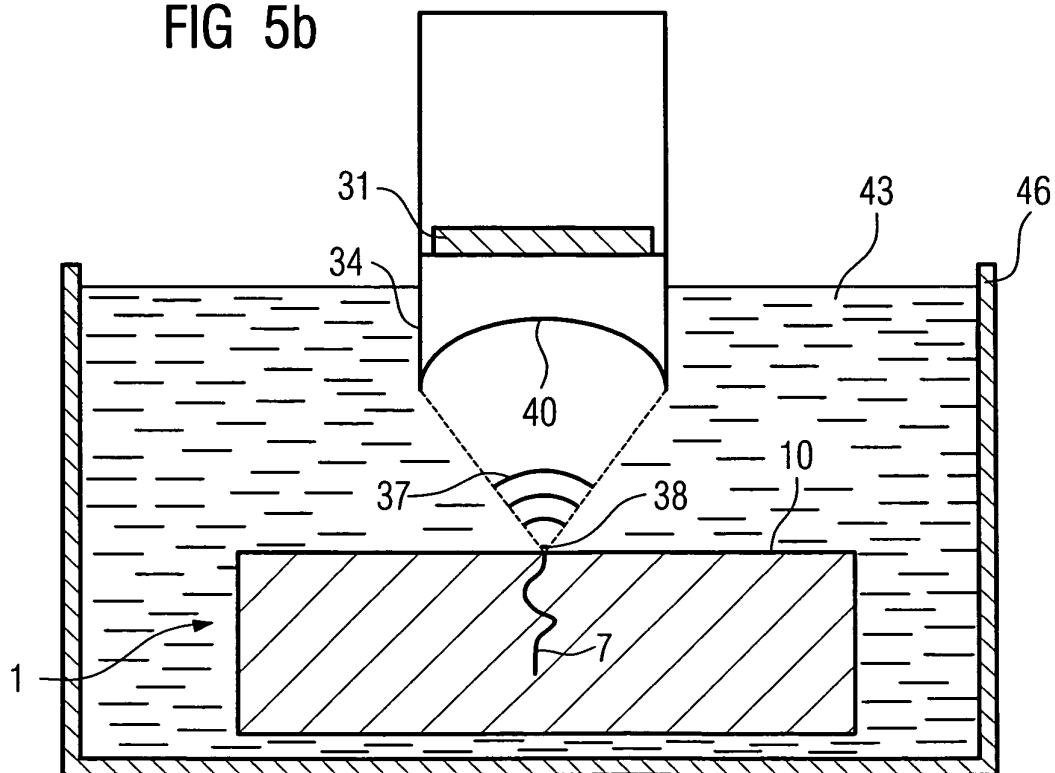


FIG 6

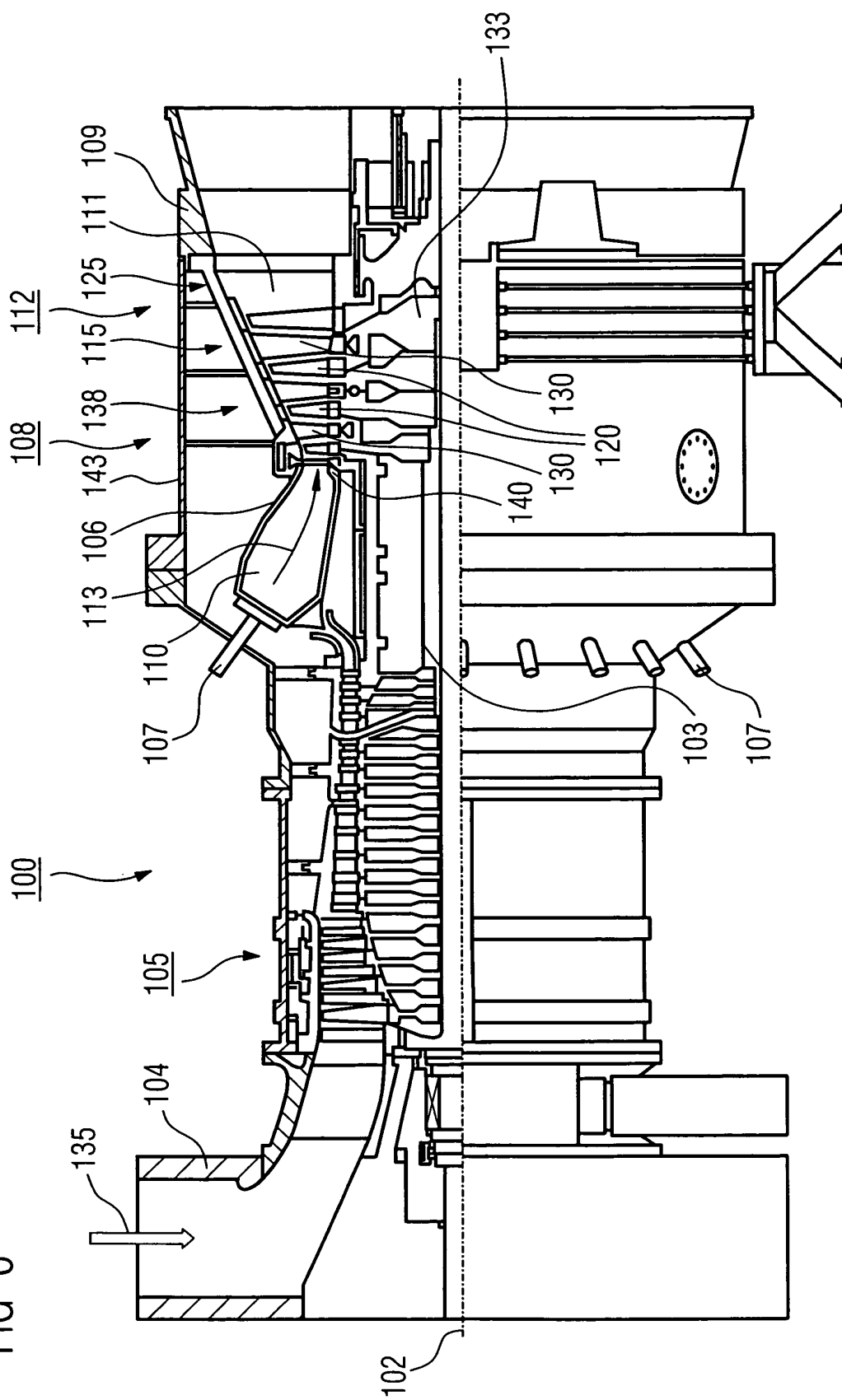
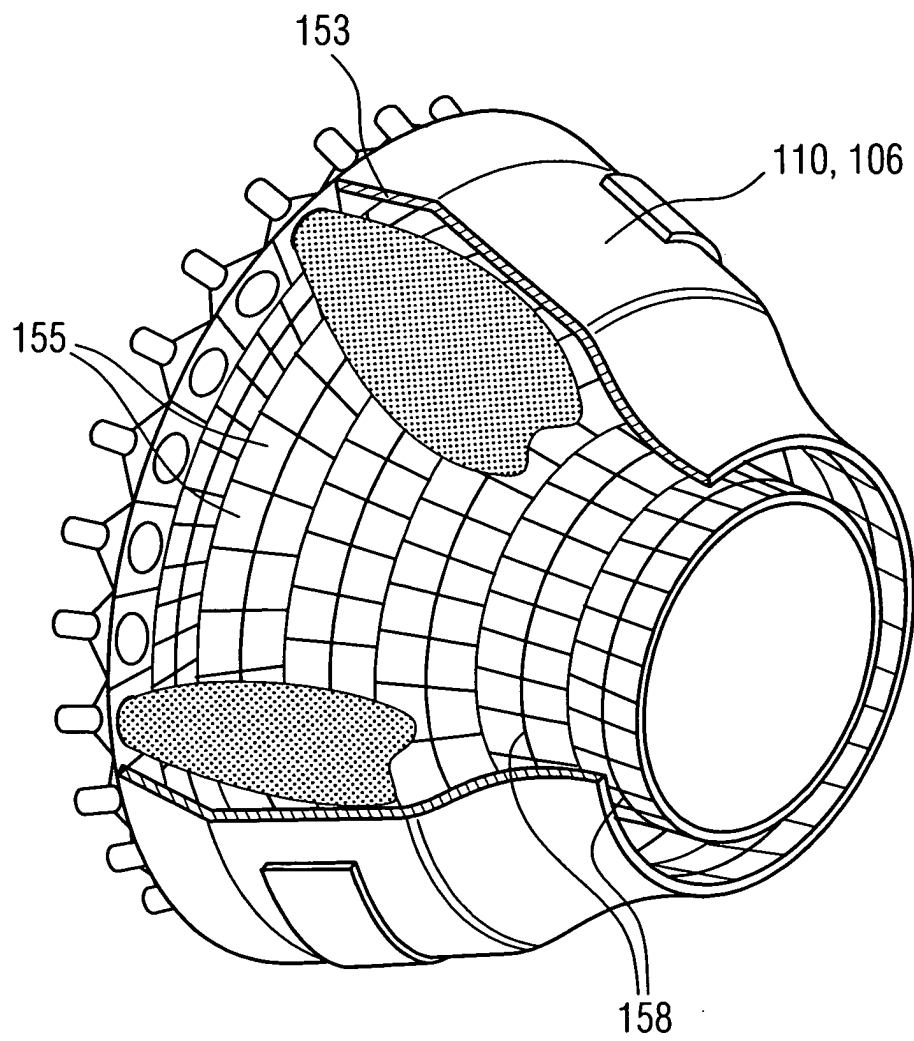


FIG 7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 00 1725

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 783 044 A (GEN ELECTRIC) 9. Juli 1997 (1997-07-09) * Spalte 2, Zeile 37 - Spalte 3, Zeile 4 * * Spalte 5, Zeile 4 - Spalte 5, Zeile 6 * * Spalte 5, Zeile 22 - Spalte 5, Zeile 27 *	1,2,4,5, 9,10	B08B3/12
Y	* das ganze Dokument *	3,6-8, 11-14	
X	US 2 894 860 A (ENGELHARDT ERWIN A) 14. Juli 1959 (1959-07-14) * das ganze Dokument * * Spalte 1, Zeile 41 - Spalte 1, Zeile 49 *	1,2,6,9	
Y	GB 2 165 330 A (REMOTE MARINE SYSTEMS LTD) 9. April 1986 (1986-04-09) * Seite 1, Zeile 39 - Seite 1, Zeile 56 *	3,6	
Y	US 3 429 743 A (BRANSON NORMAN G) 25. Februar 1969 (1969-02-25) * Spalte 2, Zeile 25 *	7,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Y	US 2002/011254 A1 (MEDEIROS JOSEPH ET AL) 31. Januar 2002 (2002-01-31) * Seite 2, Absatz 11 *	11	B08B
Y	US 6 475 289 B2 (SCHILBE JOHN E ET AL) 5. November 2002 (2002-11-05) * Spalte 1, Zeile 14 - Spalte 1, Zeile 29 * * Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 56 *	12-14	
A	US 4 137 778 A (PRIMBSCH ERIK) 6. Februar 1979 (1979-02-06) * Zusammenfassung *	2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. Juli 2004	Prüfer Militzer, E
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 Patentedokument, 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 00 1725

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.

23-07-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0783044	A	09-07-1997	US	5685917 A	11-11-1997
			DE	69631869 D1	22-04-2004
			EP	0783044 A1	09-07-1997
			SG	76486 A1	21-11-2000
			US	6099655 A	08-08-2000

US 2894860	A	14-07-1959	DE	1067655 B	22-10-1959

GB 2165330	A	09-04-1986	KEINE		

US 3429743	A	25-02-1969	KEINE		

US 2002011254	A1	31-01-2002	AU	4846500 A	05-12-2000
			EP	1212152 A1	12-06-2002
			JP	2002543976 T	24-12-2002
			WO	0069577 A1	23-11-2000
			US	2002011253 A1	31-01-2002

US 6475289	B2	20-06-2002	US	2002074017 A1	20-06-2002
			CA	2364593 A1	19-06-2002
			DE	10160107 A1	24-10-2002
			FR	2818171 A1	21-06-2002
			GB	2384492 A	30-07-2003
			JP	2002295267 A	09-10-2002

US 4137778	A	06-02-1979	DE	2709725 A1	07-09-1978
			JP	53110589 A	27-09-1978
			JP	60015021 B	17-04-1985

EPO FORM P0461

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