

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 674 174 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.06.2006 Patentblatt 2006/26

(51) Int Cl.:
B22C 7/02 ^(2006.01) **B22C 9/04** ^(2006.01)
B22C 9/10 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04030823.1**

(22) Anmeldetag: **27.12.2004**

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

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

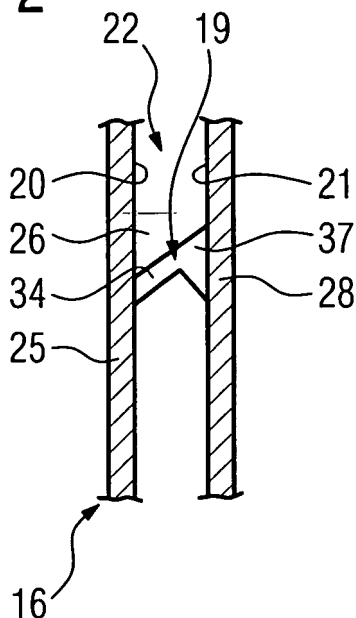
(72) Erfinder:
• **Beck, Thomas**
16341 Panketal (DE)
• **Bostanjoglo, Georg, Dr.**
12161 Berlin (DE)
• **Paul, Uwe, Dr.**
40882 Ratingen (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung einer Gussform

(57) Durchgangslöcher in Bauteilen werden nach dem Stand der Technik oft nach dem Herstellungsvorgang (Gießen) des Bauteils eingebracht. Dies bedeutet einen zusätzlichen zeitlichen und apparativen Aufwand. Der zeitliche Aufwand kann erheblich verkürzt werden,

wenn eine Gussform (16) so ausgebildet wird, dass sich zumindest teilweise das Durchgangsloch (13) bildet, indem den Durchgangslöchern entsprechende Vorsprünge (19, 19') an der inneren Wand (25) und/oder der äußeren Wand (28) der Gussform (16) ausgebildet werden.

FIG 2



EP 1 674 174 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Gussform gemäß Anspruch 1.

[0002] Als Hohlkörper ausgebildete Bauteile mit komplex geformten Geometrien und komplexen Durchgangslöchern im Bereich einer Außenwand des Bauteils können auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden.

[0003] Viele Bauteile, insbesondere metallische Bauteile aus Legierungen, werden durch Gussverfahren, z. B. durch das Wachsausschmelzverfahren hergestellt. Dabei wird aus einem Wachsmo-
 10 delldes Bauteils in einem ersten Schritt eine Gussform hergestellt, die zumindest zum Teil das Negativ des herzustellenden Bauteils darstellt, indem das Wachsmo-
 15 delldes Bauteils mit Keramik oder einer Sandform umhüllt wird.

[0004] Durchgangslöcher in den Wänden von hohlen Bauteilen, wie z. B. Filmkühl-
 20 löchern von Turbinenbauteilen werden immer nachträglich mittels eines Lasers und seiner Laserstrahlen eingebracht, wie es in der US-PS 6,329,015 B1 gezeigt ist. Die Laserstrahlführung ist dabei sehr kompliziert.

Verfahren zur Herstellung eines Gussteils mit nachträglich eingebrachten Löchern, insbesondere Durchgangslöchern sind daher zeitaufwändig.

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Gussform aufzuzeigen, mit der die Herstellung eines Bauteils mit Löchern, insbesondere mit Durchgangslöchern einfacher und schneller durch-
 25 geführt werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Gussform nach Anspruch 1.

[0006] Dabei wird eine Gussform hergestellt, die entsprechende Vorsprünge aufweist, die zumindest teilweise das Negativ eines Lochs darstellen.

[0007] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet.

Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können beliebig in vorteilhafter Art und Weise miteinander kombiniert werden.

[0008] Es zeigen

- | | |
|------------------|--|
| Figur 1 | ein Bauteil mit einem Durchgangsloch, |
| Figur 2, 3, 4, 5 | Gussformen mit verschiedenen Vorsprüngen zur Ausbildung eines Durchgangslochs, |
| Figur 6 | eine Aufsicht auf eine innere Oberfläche einer Gussform, |
| Figur 7 - 15 | Verfahrensteilschritte, |
| Figur 16 | eine Gasturbine, |
| Figur 17 | eine Brennkammer und |
| Figur 18 | eine Turbinenschaufel. |

[0009] Figur 1 zeigt ein Bauteil 1, das beispielsweise zumindest in einem Teil seines Volumens einen Hohlraum 31 aufweist und mit der Gussform 16 (Fig. 2, 3, 4,

5) hergestellt werden kann.

Dabei weist das Bauteil 1 zumindest eine Bauteilwand 4, 4', insbesondere äußere Bauteilwände 4, 4' auf.

Beispielhaft ist in der Wand 4 zumindest ein Loch 13, hier ein Durchgangsloch 13 ausgebildet. Das Loch 13 kann auch ein Sackloch sein.

Das Bauteil 1 kann beispielsweise metallisch oder keramisch sein. Beispielsweise ist es ein Turbinenbauteil 1 einer Gasturbine 100 (Fig. 15) oder Dampfturbine und ist beispielsweise eine Turbinenschaufel 120, 130 (Fig. 15, 17) oder ein Hitzeschildelement 155 (Fig. 16), welches beispielsweise aus einer eisen-, nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung besteht.

[0010] Bei solchen Bauteilen 1 werden Durchgangslöcher 13 beispielsweise als Kühlluftlöcher 13 vorgesehen, um das Bauteil 1 durch eine Filmkühlung zu kühlen. Das Durchgangsloch 13 weist dabei beispielsweise einen rund oder oval ausgebildeten Lochteil 7 auf, der sich vom Hohlraum 31 aus zur Außenfläche 11 der Wand 4 zu einem Diffusor 10 verbreitert, so dass dort das Loch 13 von der Form des Lochteils 7 abweicht.

Die Gussform 16 für solche Bauteile 1 mit komplexen Formen eines Durchgangslochs 13, 7 + 10, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einfacher und schneller hergestellt werden.

[0011] Die Wand des Bauteils 1 ist dabei beispielsweise 2 bis 6mm, insbesondere 3 bis 4mm dick. Das Lochteil 7 hat einen Durchmesser von 0.3 bis 1.2mm, insbesondere 0.6 bis 0.8mm.

Der Diffusor 10 ist an der Außenfläche 11 beispielsweise trapezförmig ausgebildet und hat Maße von 1.5 bis 5mm x 1.5 bis 5mm und geht bis zu einer Tiefe von 1 bis 1.5mm in die Bauteilwand 4, 4' hinein.

[0012] Figur 2 zeigt schematisch einen Teil der Gussform 16, die aus einer inneren Wand 25, insbesondere aus einem Kern 25 und einer äußeren Wand 28 besteht. In den Zwischenraum 26 (Hohlraum der Gussform 16) zwischen innerer Wand 25 und äußerer Wand 28 wird Material 22, beispielsweise Metallschmelze, eingegossen und bildet nach dem Abkühlen beispielsweise die Wand 4 des Bauteils 1.

Der Kern 25 bildet beispielsweise einen Teil des Hohlraums 31 des Bauteils 1.

[0013] In diesem Zwischenraum 26 wird zumindest ein Vorsprung 19, 34, 37 aus Formmaterial ausgebildet.

Der Vorsprung 19, 34, 37 erstreckt sich zumindest über einen Teil des Zwischenraums zwischen einer inneren Oberfläche 20 der inneren Wand 25 und einer inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28.

Hier erstreckt sich der durchgehende Vorsprung 19 durchgehend von der inneren Oberfläche 20 der inneren Wand zu der inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand.

[0014] Der durchgehende Vorsprung 19 ist durch Ausgießen mit Keramik eines Durchgangslochs 13 in einem Wachsmo-
 50 delldes Bauteils 1 (Fig. 9 - 15) gebildet worden.

[0015] Der durchgehende Vorsprung 19 in dem Zwischenraum 26 verhindert beim Gießen ein Auffüllen mit

Material 22, sodass sich nach Entfernen der Gussform 16 mit seiner inneren Wand 25 und seiner äußeren Wand 28 und dem durchgehenden Vorsprung 19 ein Durchgangsloch 13 ergibt.

[0016] Der durchgehende Vorsprung 19 ist beispielsweise wie folgt aufgebaut:

Ein innerer Vorsprung 34 stellt das runde oder ovale (Fig. 6) Lochteil 7 des Durchgangslochs 13 dar.
Ein äußerer Vorsprung 37 stellt den Diffusor 10 dar.
Der durchgehende Vorsprung 19 kann aber auch über seinen gesamten Querschnitt rund oder oval ausgebildet sein und beispielsweise auch konstant in seiner Querschnittsfläche sein.

[0017] Gegebenenfalls kann nach dem Gießen des Bauteils 1 auch eine minimale, im Vergleich zu bisherigen Verfahren aber deutlich reduzierte Nachbearbeitung der Durchgangsöffnung 13 erfolgen.

[0018] Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Gussform 16, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Im Gegensatz zu der Gussform 16 nach Figur 2 erstreckt sich der innere Vorsprung 34, 37' nicht durchgehend von einer inneren Oberfläche 20 der inneren Wand 25 zu einer inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28.

[0019] Der innere Vorsprung 34 ist nur an der inneren Oberfläche 20 der inneren Wand 25 ausgebildet und erstreckt sich bis auf einen gewissen Abstand d zur inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28.

Während des Gießens wird beim Auffüllen des Hohlraums 26 mit Material 22 also die Durchgangsöffnung 13 nicht vollständig gebildet. In dem Bereich zwischen dem inneren Vorsprung 34 und der inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28 ist nach dem Gießen des Bauteils 1 Material 22 vorhanden. Der Bereich ist aber entsprechend dünn, insbesondere membranartig ausgeführt, sodass er in sehr kurzer Zeit einfach entfernt werden kann. Man kann auch sagen, dass am Ende des Gießprozesses die Durchgangsöffnung 13 des herzustellenden Bauteils 1 noch etwas verschlossen ist.

Dies ist beispielsweise sinnvoll, wenn auf die äußere Außenfläche 11 des Bauteils 1 nachträglich noch zumindest eine Beschichtung aufgebracht wird. Da die Durchgangsöffnung 13 noch verschlossen ist, wird die Durchgangsöffnung 13 auch nicht durch Material der Beschichtung verschmutzt oder verengt. Erst mit einem letzten Bearbeitungsschritt wird das Material der im Vergleich zur Dicke der Wand 4 dünnen Beschichtung und das wenige Material 22, das die Durchgangsöffnung 13 noch verschließt, schnell und einfach entfernt.

Die Beschichtung ist beispielsweise eine MCrAlX-Legierung (M = Fe, Co, Ni und X = Y und/oder ein Element der Seltenen Erden) und gegebenenfalls eine keramische Beschichtung als Wärmedämmschicht (beispielsweise Y_2O_3 - ZrO_2) darauf.

[0020] Der innere Vorsprung 34 kann auch noch eine Stützverbindung 40 (gestrichelt angedeutet) aufweisen,

um den in den Zwischenraum 26 frei hineinragenden inneren Vorsprung 34 an der äußeren Wand 28 abzustützen.

Die Stützverbindung 40 ist im Querschnitt kleiner ausgebildet als der Querschnitt des inneren Vorsprungs 34, 37', der der äußeren Wand 28 gegenüberliegt. Die Stützverbindung 40 stellt also nur einen Teil des herzustellenden Durchgangslochs 13 dar.

[0021] Der innere Vorsprung 34 kann am Ende einen vorteilhaften Bereich 37' aufweisen, der zum Teil dem äußeren Vorsprung 37 (Fig. 4) entspricht und nicht der Wand 21 berührt, aber gegebenenfalls die Stützverbindung 40 aufweist.

[0022] Insbesondere die komplexe Form des Diffusors 10 musste bisher aufwändig in das gegossene Bauteil eingearbeitet werden. Dies entfällt hier zum größten Teil, da nur noch ein relativ kleiner oberer Bereich des Diffusors 10 durch Entfernen von Material nachzuarbeiten ist. Da insbesondere die Herstellung der tiefer in der Wand 4 liegenden Bereiche erheblichen Aufwand beispielsweise bei der Laserführung bedeutet, hat diese Gussform 16 erhebliche Vorteile.

[0023] Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer ausgebildeten Gussform 16, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde.

Hier ist der äußere Vorsprung 37 nur an der inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28 ausgebildet. Der äußere Vorsprung 37 stellt das Negativ 37' des herzustellenden Diffusors 10 der Durchgangsöffnung 13 dar.

Insbesondere der Diffusor 10 weist eine komplexere Geometrie als ein einfaches symmetrisches Loch auf und wäre somit bei nachträglicher Einarbeitung nur sehr aufwändig herzustellen. Wenn der Diffusorbereich 10 aber in der Oberfläche des herzustellenden Bauteils 1 schon eingeformt ist, muss er nicht mehr nachträglich eingearbeitet werden. Es muss nur noch mit vergleichsweise geringem Aufwand ein einfach ausgebildetes Lochteil 7 (Fig. 1) von dem Diffusorbereich 10 aus in dem Bauteil 1 in der Wand 4 eingearbeitet werden. Dies kann durch Laserbearbeitung oder Funkendrahterosion sowie durch andere Verfahren geschehen.

Ebenso kann auch hier eine entsprechende Stützverbindung 40 zwischen dem Vorsprung 37 und der inneren Wand 25 vorhanden sein (gestrichelt angedeutet).

[0024] Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer ausgebildeten Gussform 16, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde.

[0025] Ausgehend von Figur 4 ist auch ein innerer Vorsprung 34 an der inneren Oberfläche 20 der inneren Wand 25 ausgebildet. Der innere Vorsprung 34 bildet einen weiteren Teil dieser Durchgangsöffnung 13, nämlich den Bereich des Lochteils 7. Der äußere Vorsprung 37 stellt den Bereich des Diffusors 10 des herzustellenden Bauteils 1 dar.

Durch den äußeren Vorsprung 37 und den inneren Vorsprung 34 wird die Bearbeitungszeit zur Herstellung des Lochs 13 in dem herzustellenden Bauteil 1 gegenüber einem Bauteil 1, das mit einer Gussform gemäß Figur 4

hergestellt wurde, verkürzt. Insbesondere sind solche Gussformen 16, bei denen keine durchgehende Verbindung zwischen innerer Wand 25 und äußerer Wand 28 vorhanden ist, einfach herzustellen, da der Kern 25 separat von der Wand 28 herstellbar ist und für das Gießen in die Gussform 16 eingeführt wird.

Die Vorsprünge 34, 37 können direkt aneinander anliegen oder einen bestimmten Abstand zueinander aufweisen.

[0026] Figur 6 zeigt die Aufsicht auf eine äußere Wand 28 einer ausgebildeten Gussform 16, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde.

[0027] Auf der inneren Oberfläche 21 der äußeren Wand 28 sind mehrere Vorsprünge 19 ausgebildet. Mit dem Bezugszeichen 34 ist der Bereich gekennzeichnet, von dem ausgehend das Lochteil 7 ausgebildet sein wird. Mit dem Bezugszeichen 37 ist der Bereich des Vorsprungs 19 gekennzeichnet, der den Diffusorbereich 10 des herzustellenden Durchgangslochs 13 darstellt.

[0028] Die Figuren 7 bis 14 zeigen, wie eine Gussform 16 gemäß Figuren 2 bis 6 erfindungsgemäß herzustellen ist.

[0029] Die Figur 7 zeigt die innere Wand 25 oder den Kern 25 der Gussform 16, auf der ein Modell 43, insbesondere aus Wachs, vorhanden ist, die in ihrer Geometrie und Dicke dem herzustellenden Bauteil 1 entspricht. Die innere Wand 25 stellt dabei beispielsweise den Kern 25 dar. Das Modell 43 ist also beispielsweise wie das mit der Gussform 16 herzustellende Bauteil 1 ein hohles Bauteil.

[0030] Nach dem Stand der Technik wird das Wachsmo-
 dell 43, im Inneren mit einer Keramik 25 ausgefüllt (Fig. 7) und außen mit einer äußeren Wand 28 umhüllt (Fig. 8), wobei dann das Modell, insbesondere ein Wachsmo-
 dell 43 entfernt wird (z. B. durch Ausschmelzen), sodass sich eine Gussform 16 (Fig. 2, 3, 4) bildet. Wenn Material, beispielsweise flüssiges Metall in die Gussform 16 eingefüllt wird, entsteht das Bauteil 1.

[0031] Erfindungsgemäß wird in dieses Modell 43 zumindest eine Vertiefung 46 gemäß den Figuren 9 bis 12 eingebracht.

Diese Vertiefung 46 ist nicht der Hohlraum des Modells 43, sondern geht beispielsweise von der Oberfläche 58 des Modells 43 aus.

[0032] Die Vertiefung 46 erstreckt sich beispielsweise ganz durch das Modell 43 hindurch, also bis zur inneren Wand 25 (Fig. 9) oder ist als Sackloch ausgebildet (Figur 10), das sich nicht bis zur inneren Wand 25 erstreckt, d.h. sich nur über einen Teil der Wanddicke des Modells 43 erstreckt.

[0033] Die Vertiefung 46 kann in das Modell 43 eingebracht werden, wenn die innere Wand 25 oder der Kern 25 schon mit dem Modell 43 zusammengeführt sind (Fig. 9) oder bevor dies erfolgt (Fig. 12).

[0034] Die Vertiefung 46 kann auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden beispielsweise durch Bohren, Fräsen oder Laserbearbeitung.

[0035] Insbesondere kann diese Vertiefung 46 ein

schräges Loch oder schräge "Bohrung" 49 aufweisen, wie sie in Figur 11, 12 dargestellt ist.

Eine innere Wand 25 oder äußere Wand 28 mit einem schrägen Vorsprung aufweist, kann nämlich nicht dadurch hergestellt werden, dass eine Keramik in eine entsprechende Form eingegossen wird und die Form durch Abziehen oder Lösen gelöst wird.

[0036] In einem weiteren Schritt wird die durchgehende Vertiefung 46 (Fig. 9, 12) mit Material 52, das beispielsweise der Keramik der inneren Wand 25 oder der äußeren Wand 28 entspricht, vollständig aufgefüllt (Fig. 13). Dies kann zusammen mit dem Einbringen oder Aufbringen des Materials für den Kern 25 oder für die äußere Wand 28 erfolgen.

Für die äußere Wand 28 wird oft eine Sandform verwendet, die auf die Oberfläche 58 des Modells 43 aufgebracht wird und dabei die Vertiefungen 46 in gewünschter Weise ausfüllt.

[0037] Ebenso kann die Vertiefung 46 separat vor dem Aufbringen der äußeren Wand 28 mit Material 52 aufgefüllt werden. Das Material 52 wird beispielsweise in Form eines Schlickers eingebracht und beispielsweise dann ausgehärtet, wenn die äußere Wand 28 aufliegt, sodass das Material 52 in Verbindung mit der inneren Wand 25 oder der äußeren Wand 28 steht.

Wird dann wiederum die äußere Wand 28 zu der Anordnung gemäß Figur 13 hinzugefügt und wird das Modell 43 entfernt, so bildet sich eine Gussform 16 gemäß Figur 2 aus.

[0038] Ebenso kann die durchgehende Vertiefung 46, die sich bis zur inneren Wand 25 erstreckt (Fig. 9, 12), nur teilweise mit der Keramik 52 ausgefüllt werden, wobei ein Leerraum 55 innerhalb der Vertiefung 46 verbleibt (Fig. 14). Dabei ist der Kern 25 beispielsweise schon in dem Modell 43 vorhanden.

Wird wiederum die äußere Wand 28 hinzugefügt, so bleibt der Leerraum 55 bestehen, und wenn das Modell 43 entfernt wird, so bildet sich eine Gussform gemäß Figur 3.

Gegebenenfalls wird der Leerraum 55 mit einem Wachs gefüllt, das zusammen mit dem Modell 43 entfernbar ist.

[0039] Ebenso kann sich die Vertiefung 46 nur teilweise in dem Modell 43 erstrecken (Fig. 10, 11) und wird beispielsweise mit einem keramischen Material 52 vollständig aufgefüllt (Fig. 15), bevor die äußere Wand 28 auf das Modell 43 aufgebracht wird oder mit Aufbringung der äußeren Wand 28, sodass sich die Gussform 16 nach Entfernung des Modells 43 gemäß Figur 4 ausbildet.

[0040] Die Figur 16 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. Die Ringbrennkammer

106 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete 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.

[0041] Die Leitschaufeln 130 sind dabei am Stator 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind. An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

[0042] 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. 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.

[0043] 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 Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M = Fe, Co, Ni, X=Y, Seltenen Erden) und Wärme (Wärmedämmschicht, beispielsweise ZrO_2 , Y_2O_3 - ZrO_2) aufweisen. Oft wird die Turbinenschaufel 120, 130 noch luftgekühlt und weist Filmkühlöcher 13 auf, die mit der erfindungsgemäßen Gussform 16 (Fig. 2 - 6) in der gegossenen und/oder gerichtet erstarrten Turbinenschaufel 120, 130 erzeugt werden.

[0044] 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.

[0045] Die Figur 17 zeigt beispielhaft eine Brennkammer 110 einer Gasturbine 100.

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 Brennkammeraum münden. Dazu ist die Brennkammer

110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Turbinenwelle 103 herum positioniert ist.

[0046] 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.

Oft weisen die Hitzeschildelemente 155 Filmkühlöcher 13 oder Durchlässe für Brennstoff in die Brennkammer 110 auf, die in dem Hitzeschildelement 155 mit der Gussform 16 erzeugt werden.

[0047] Figur 18 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

[0048] Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampfturbine oder ein Kompressor sein.

[0049] Die Schaufel 120, 130 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran angrenzende Schaufelplattform 403 sowie ein Schaufelblatt 406 auf.

Als Leitschaufel 130 kann die Schaufel 130 an ihrer Schaufelspitze 415 eine weitere Plattform aufweisen (nicht dargestellt).

[0050] Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaufelfuß 183 gebildet, der zur Befestigung der Laufschaufeln 120, 130 an einer Welle oder einer Scheibe dient (nicht dargestellt).

Der Schaufelfuß 183 ist beispielsweise als Hammerkopf ausgestaltet. Andere Ausgestaltungen als Tannenbaum- oder Schwalbenschwanzfuß sind möglich.

Die Schaufel 120, 130 weist für ein Medium, das an dem Schaufelblatt 406 vorbeiströmt, eine Anströmkante 409 und eine Abströmkante 412 auf.

[0051] Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise massive metallische Werkstoffe verwendet.

Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren mittels der Gussform 16, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

[0052] Werkstücke mit einkristalliner Struktur oder Strukturen werden als Bauteile für Maschinen einge-

setzt, die im Betrieb hohen mechanischen, thermischen und/oder chemischen Belastungen ausgesetzt sind. Die Fertigung von derartigen einkristallinen Werkstücken erfolgt z.B. durch gerichtetes Erstarren aus der Schmelze. Es handelt sich dabei um Gießverfahren, bei denen die flüssige metallische Legierung zur einkristallinen Struktur, d.h. zum einkristallinen Werkstück, oder gerichtet erstarrt.

Dabei werden dendritische Kristalle entlang dem Wärmefluss ausgerichtet und bilden entweder eine stängelkristalline Kornstruktur (kolumnar, d.h. Körner, die über die ganze Länge des Werkstückes verlaufen und hier, dem allgemeinen Sprachgebrauch nach, als gerichtet erstarrt bezeichnet werden) oder eine einkristalline Struktur, d.h. das ganze Werkstück besteht aus einem einzigen Kristall. In diesen Verfahren muss man den Übergang zur globulitischen (polykristallinen) Erstarrung meiden, da sich durch ungerichtetes Wachstum notwendigerweise transversale und longitudinale Korngrenzen ausbilden, welche die guten Eigenschaften des gerichtet erstarrten oder einkristallinen Bauteiles zunichte machen.

[0053] Ist allgemein von gerichtet erstarrten Gefügen die Rede, so sind damit sowohl Einkristalle gemeint, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen. Bei diesen zweitgenannten kristallinen Strukturen spricht man auch von gerichtet erstarrten Gefügen (directionally solidified structures). Solche Verfahren sind aus der US-PS 6,024,792 und der EP 0 892 090 A1 bekannt.

[0054] Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile 120, 130 nach ihrem Einsatz gegebenenfalls von Schutzschichten befreit werden müssen (z.B. durch Sandstrahlen). Danach erfolgt eine Entfernung der Korrosions- und/oder Oxidationsschichten bzw. -produkte. Gegebenenfalls werden auch noch Risse im Bauteil 120, 130 repariert. Danach erfolgt eine Wiederbeschichtung des Bauteils 120, 130 und ein erneuter Einsatz des Bauteils 120, 130.

[0055] Die Schaufel 120, 130 kann hohl oder massiv ausgeführt sein. Wenn die Schaufel 120, 130 gekühlt werden soll, ist sie hohl und weist ggf. noch Filmkühllöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf. Als Schutz gegen Korrosion weist die Schaufel 120, 130 beispielsweise entsprechende meistens metallische Beschichtungen (MCrAlX) auf und als Schutz gegen Wärme meistens noch eine keramische Beschichtung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Gussform (16), bei dem in einem Zwischenschritt ein Modell (43) eines mittels der Gussform (16) herzustellenden Bauteils (1) verwendet wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass in dem Zwischenschritt zumindest eine Vertiefung (46) in der Oberfläche (58) des Modells (43) erzeugt wird und

dass zumindest in einen Teil der Vertiefung (46) Formmaterial eingebracht wird, um beim Gießen zumindest einen Teil eines Lochs (13) des herzustellenden Bauteils (1) zu erzeugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Gussform (16) zumindest besteht aus einer inneren Wand (25) oder einem Kern (25) und einer äußeren Wand (28), und **dass** die innere Wand (25) oder der Kern (25) bereits in dem Modell (43) angeordnet sind, wenn die Vertiefungen (46) erzeugt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Gussform (16) zumindest besteht aus einer inneren Wand (25) oder einem Kern (25) und einer äußeren Wand (28), und **dass** die Vertiefungen (46) in das Modell (43) eingebracht werden, bevor eine Wand (25, 28) angebracht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die zumindest eine Vertiefung (46) durchgehend durch eine Wand (44) des Modells (43) erstreckt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Vertiefung (46) sich nur teilweise durch eine Wand (44) des Modells (43) erstreckt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Vertiefung (46) ein schräges Loch (49) ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem weiteren Verfahrensschritt zumindest eine Vertiefung (46) nur teilweise mit einem Material (52) aufgefüllt wird, das einen inneren Vorsprung (34) der Gussform (16) ergibt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Vertiefung (46) vollständig mit einem Material (52) aufgefüllt wird, das einen Vorsprung (19, 34, 37) der Gussform (16) ergibt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vertiefung (46) beim Anbringen der inneren
Wand (25), des Kerns (25) oder der äußeren Wand
(28) mit Material (52) gefüllt wird. 5
10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Material (52) in der Vertiefung ausgehärtet wird
und 10
in Verbindung mit der inneren Wand (25) oder der
äußeren Wand (28) gebracht wird.
11. Verfahren nach Anspruch 7, 8, 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, 15
dass eine äußere Wand (28) in Verbindung mit dem
Modell (43) gebracht wird, und
dass das Modell (43) entfernt wird,
sodass sich die Gussform (16) ergibt. 20
12. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Gussform (16) zur Herstellung eines Turbinen-
bauteils (120, 130, 155, 354, 357) einer Gasturbine
(100) oder Dampfturbine (300, 303), 25
insbesondere einer Turbinenschaufel (120, 130,
354, 357) oder eines Hitzeschildelements (155), ver-
wendet wird. 30

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ.

1. Verfahren zur Herstellung einer Gussform (16),
bei dem in einem Zwischenschritt ein Modell (43) 35
eines mittels der Gussform (16) herzustellenden
Bauteils (1) verwendet wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Zwischenschritt zumindest eine Vertie-
fung (46) in der Oberfläche (58) des Modells (43) 40
erzeugt wird und
dass zumindest in einen Teil der Vertiefung (46)
Formmaterial eingebracht wird,
um beim Gießen zumindest einen Teil eines Lochs
(13) des herzustellenden Bauteils (1) zu erzeugen 45
und
dass in einem weiteren Verfahrensschritt zumindest
eine Vertiefung (46) nur teilweise mit einem Material
(52) aufgefüllt wird,
das einen inneren Vorsprung (34) der Gussform (16) 50
ergibt oder
zumindest eine Vertiefung (46) vollständig mit einem
Material (52) aufgefüllt wird,
das einen Vorsprung (19, 34, 37) der Gussform (16)
ergibt, dass die Vertiefung (46) beim Anbringen der 55
inneren Wand (25), des Kerns (25) oder der äußeren
Wand (28) mit Material (52) gefüllt wird
und **dass** das Material (52) in der Vertiefung ausge-

härtet wird und in Verbindung mit der inneren Wand
(25) oder der äußeren Wand (28) gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gussform (16) zumindest besteht aus einer
inneren Wand (25) oder einem Kern (25) und einer
äußeren Wand (28), und
dass die innere Wand (25) oder der Kern (25) bereits
in dem Modell (43) angeordnet sind, wenn die Ver-
tiefungen (46) erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gussform (16) zumindest besteht aus einer
inneren Wand (25) oder einem Kern (25) und einer
äußeren Wand (28), und
dass die Vertiefungen (46) in das Modell (43) ein-
gebracht werden,
bevor eine Wand (25, 28) angebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die zumindest eine Vertiefung (46) durchge-
hend durch eine Wand (44) des Modells (43) er-
streckt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest eine Vertiefung (46) sich nur teilweise
durch eine Wand (44) des Modells (43) erstreckt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest eine Vertiefung (46) ein schräges
Loch (49) ist.

7. Verfahren nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine äußere Wand (28) in Verbindung mit dem
Modell (43) gebracht wird, und
dass das Modell (43) entfernt wird,
sodass sich die Gussform (16) ergibt.

8. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Gussform (16) zur Herstellung eines Turbinen-
bauteils (120, 130, 155, 354, 357) einer Gasturbine
(100) oder Dampfturbine (300, 303),
insbesondere einer Turbinenschaufel (120, 130,
354, 357) oder eines Hitzeschildelements (155), ver-
wendet wird.

FIG 1

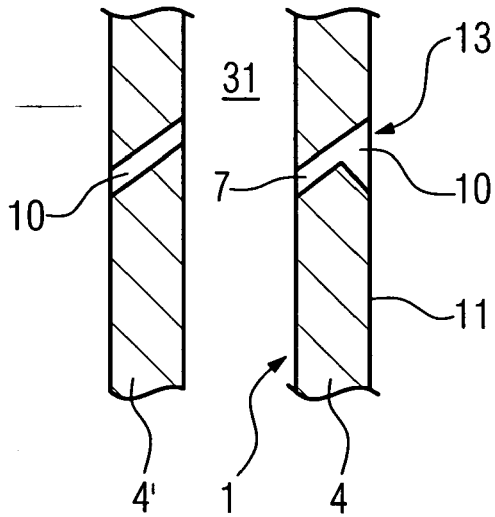


FIG 2

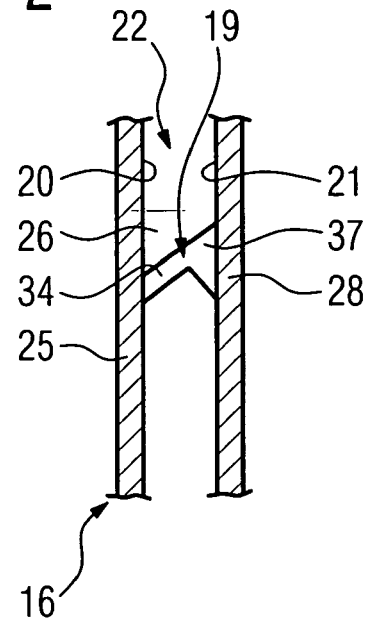


FIG 3

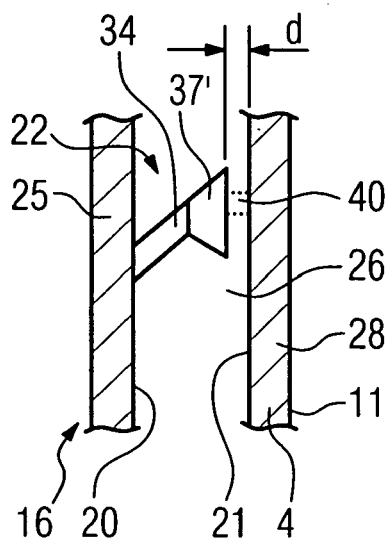


FIG 4

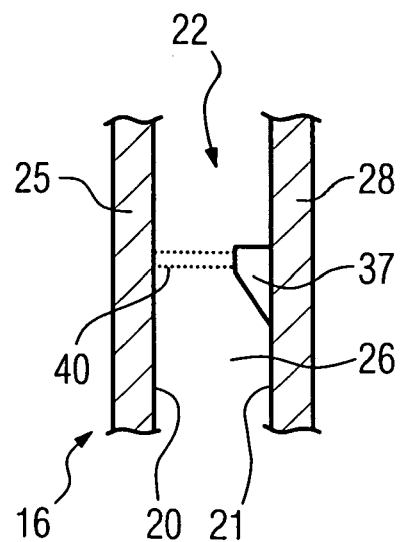


FIG 5

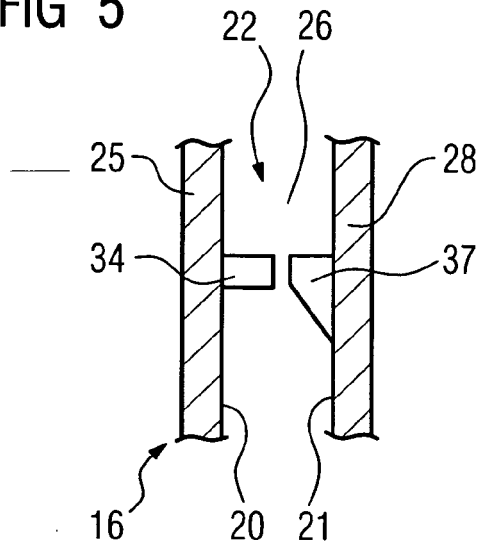


FIG 6

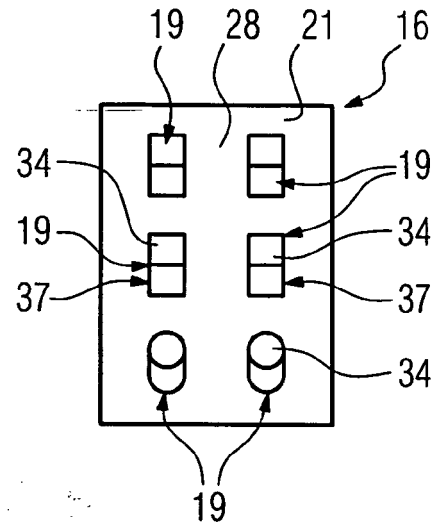


FIG 7

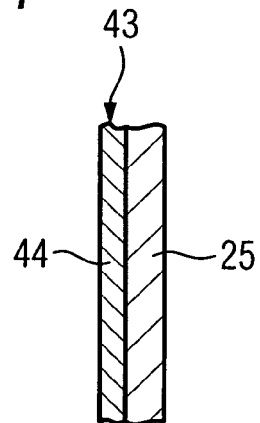


FIG 8

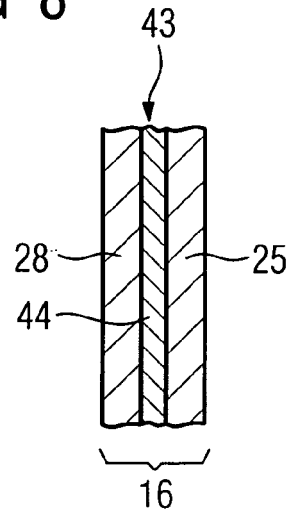


FIG 9

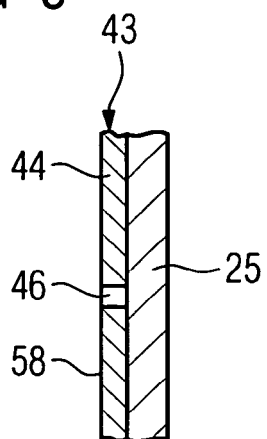


FIG 10

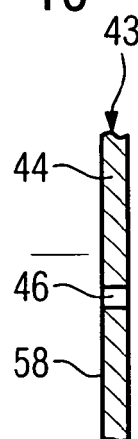


FIG 11

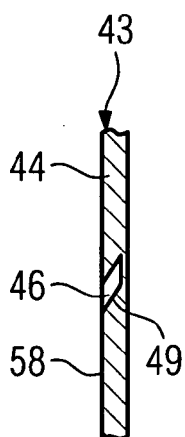


FIG 12

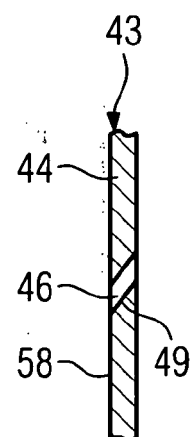


FIG 13

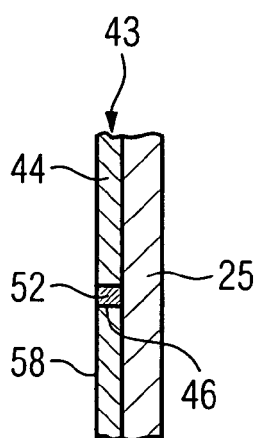


FIG 14

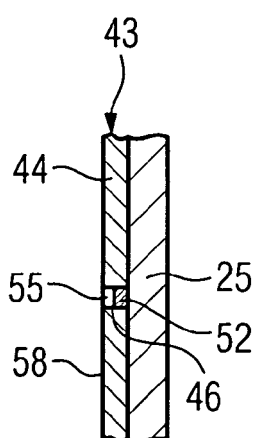


FIG 15

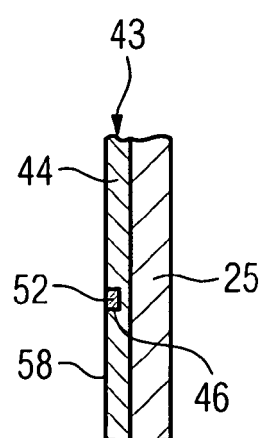


FIG 16

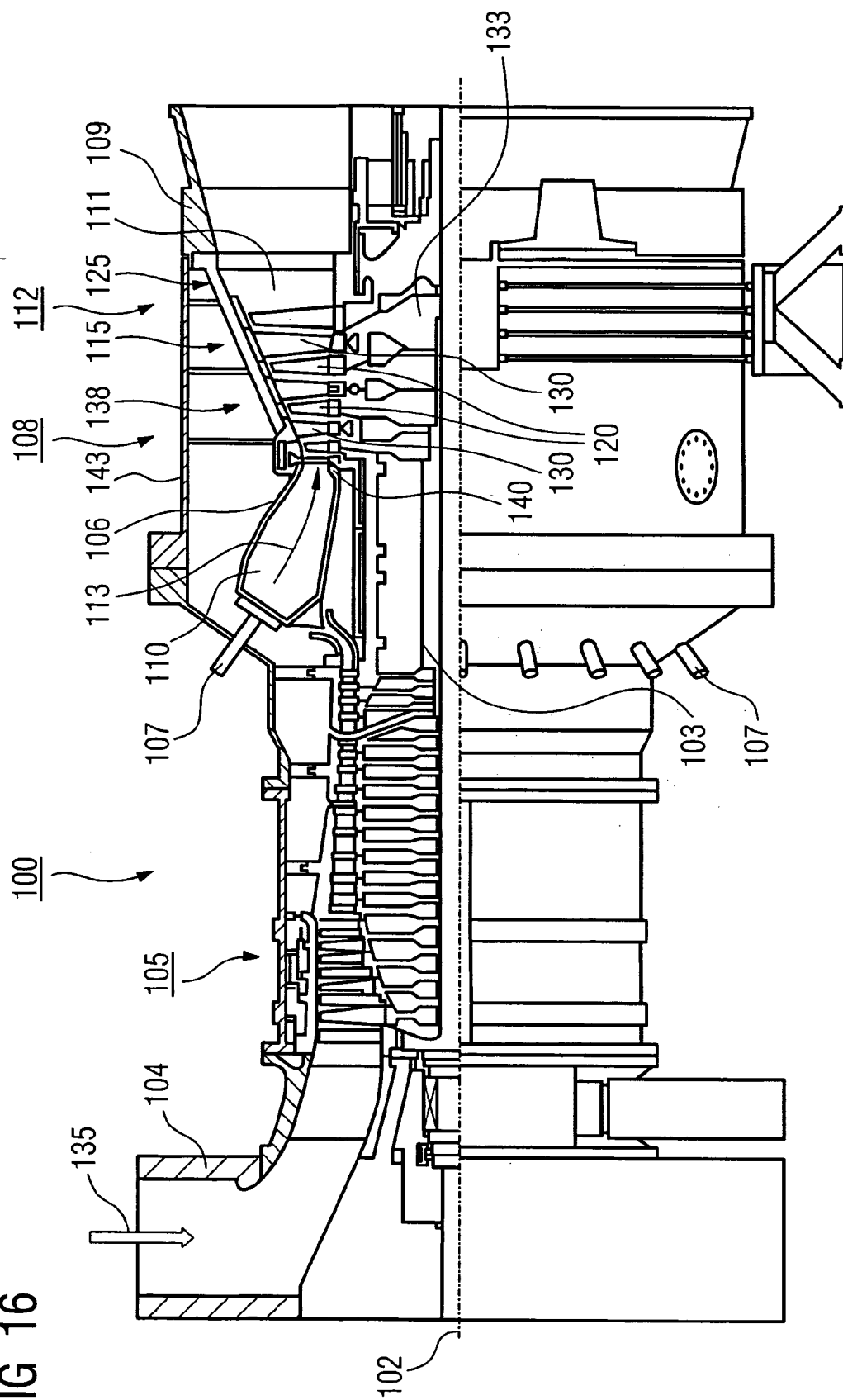


FIG 17

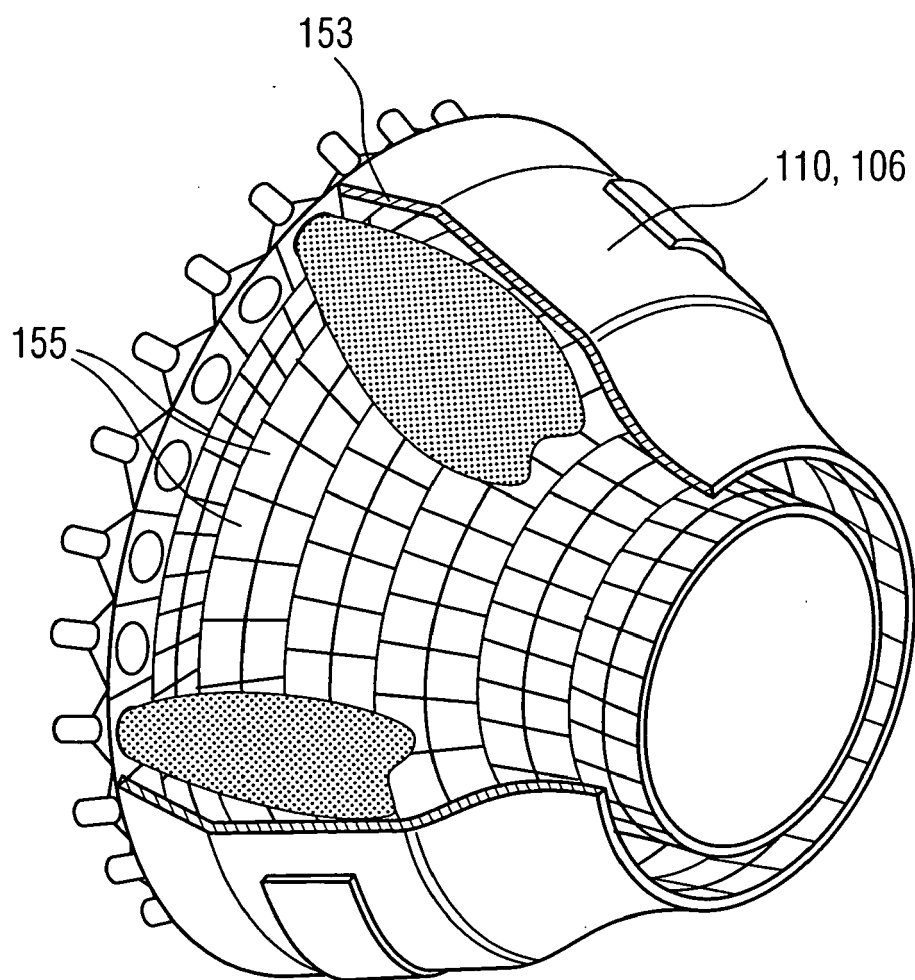
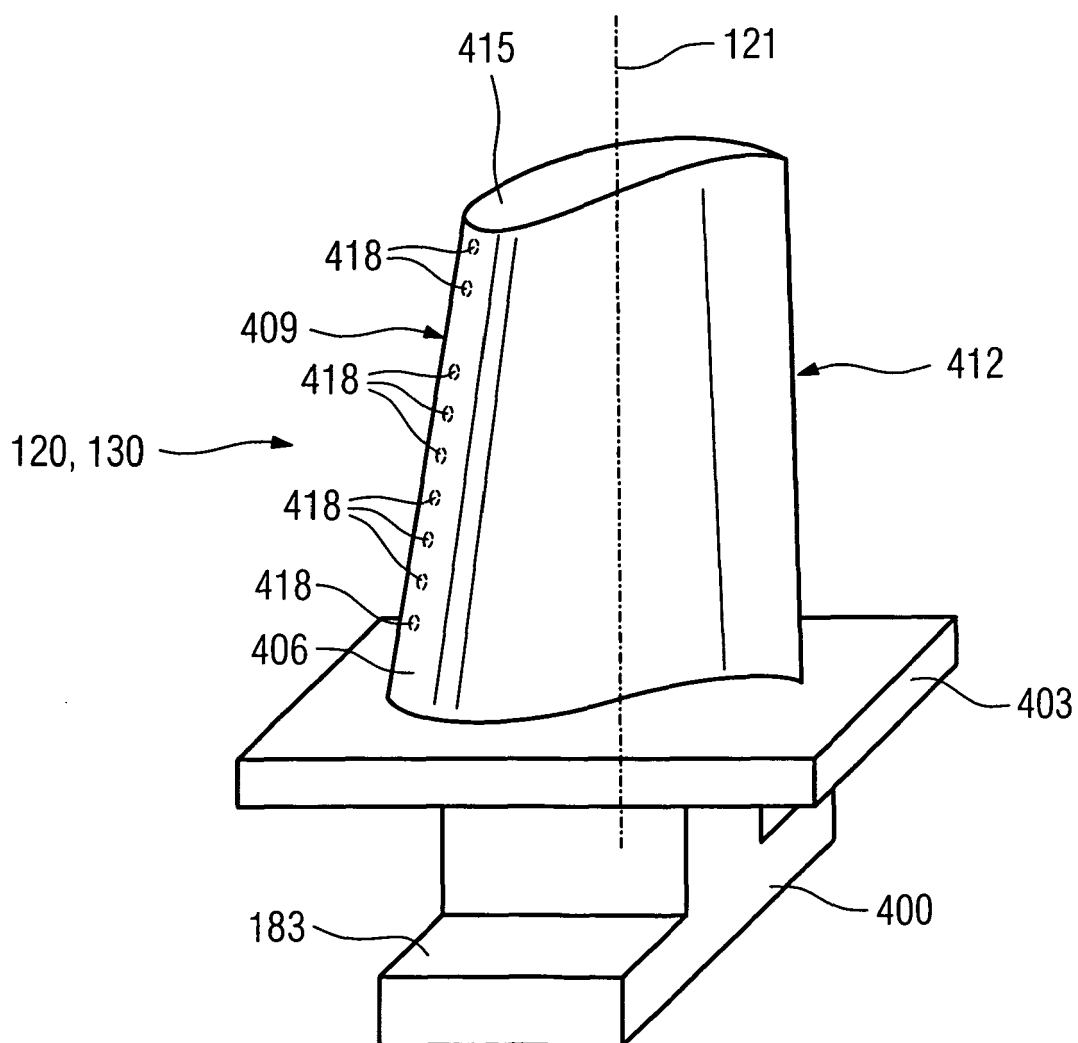


FIG 18





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 03 0823

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 559 251 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 8. September 1993 (1993-09-08) * Spalte 9, Zeile 13 - Zeile 34; Abbildung 5 *	1-4,8,9,11,12	B22C7/02 B22C9/04 B22C9/10
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 25. Oktober 2005	Prüfer Hodiamont, S
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 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	

6
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 03 0823

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

25-10-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0559251	A	08-09-1993	CA	2077222 A1	19-08-1993
			DE	69322300 D1	14-01-1999
			DE	69322300 T2	26-08-1999
			DE	69324939 D1	17-06-1999
			DE	69324939 T2	11-11-1999
			DE	69330212 D1	13-06-2001
			DE	69330212 T2	20-09-2001
			JP	6055256 A	01-03-1994
			JP	2838081 B2	16-12-1998
			JP	10029053 A	03-02-1998
			US	5545003 A	13-08-1996
			US	5295530 A	22-03-1994

EPO FORM P0461

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