



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 658 913 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.05.2006 Patentblatt 2006/21

(51) Int Cl.:
B22D 11/112 ^(2006.01) **B22D 27/04** ^(2006.01)
B22D 19/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04027556.2**

(22) Anmeldetag: **19.11.2004**

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

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

(72) Erfinder: **Janssen, Stefan, Dr.
45134 Essen (DE)**

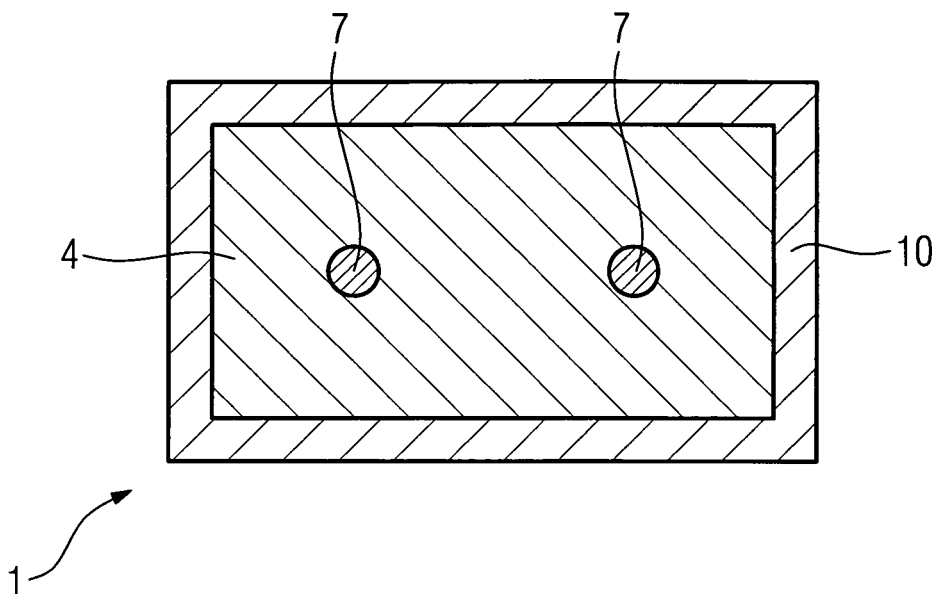
(54) Gießverfahren und gegossenes Bauteil

(57) Dickwandige Bauteile, die mittels eines Gussverfahrens hergestellt werden, weisen in diesen dicken Bereichen oft schlechtere mechanische Eigenschaften auf, da die Erstarrungsrate in diesen Bereichen gegenüber den dünnwandigen Bereichen erniedrigt ist

und oft zu schlechteren mechanischen Eigenschaften führt.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht die Einbringung von Kontrollelementen (7) in eine Schmelze (4) vor, die die Erstarrungsrate der Schmelze (4) lokal erhöhen.

FIG 1



EP 1 658 913 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gussverfahren gemäß dem Anspruch 1 und ein gegossenes Bauteil gemäß Anspruch 20.

[0002] Durch moderne Modellierungs- und Simulationswerkzeuge zur Gusserstarrung können komplexe Gussprozesse heute gut beherrscht werden. Eine bessere und gezielte Einstellung von Gefügen und Eigenschaften ist damit möglich. Es lassen sich für kritische Bauteilbereiche im Gießprozess bessere mechanische Eigenschaften mit einer höheren Reproduzierbarkeit einstellen.

Bei dickwandigen Bereichen von Gussbauteilen, beispielsweise in Flanschbereichen von Gehäusen für Gasturbinen oder Dampfturbinen, ist die gusstechnische Einstellung des beispielsweise geforderten homogenen globulitischen Gefüges bei der Graphitausprägung schwierig. Dies liegt an der schlechten Abführung der Wärme und Erstarrungsenergie. Dadurch kommt es in diesen hochbelasteten Bauteilbereichen mit zunehmender Wandstärke zu einem Abfall der mechanischen Werte.

[0003] Die US-PS 5,314,000 offenbart ein Verfahren zur Kontrollierung der Korngröße während eines Gussverfahrens.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, oben genanntes Problem zu überwinden.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Gussverfahren gemäß Anspruch 1 und ein gegossenes Bauteil gemäß Anspruch 20.

[0006] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig in vorteilhafter Art und Weise miteinander kombiniert werden können.

[0007] Es zeigen

- Figur 1 eine Gussform mit Schmelze und Kontrollelementen,
- Figur 2 das Wirkprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 3 ein Bauteil, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird,
- Figur 4 eine Turbinenschaufel,
- Figur 5 eine Brennkammer,
- Figur 6 eine Gasturbine,
- Figur 7 eine Dampfturbine.

[0008] In Figur 1 ist eine Vorrichtung 1 aus einer Gussform 10 mit einer Schmelze 4 und zumindest einem, hier beispielsweise zwei Kontrollelementen 7 dargestellt. In die Gussform 10 wird die Schmelze 4 eingebracht. Entweder vor, während oder nach dem Einbringen der Schmelze 4 in die Gussform 10 werden zumindest ein, mehrere, hier beispielsweise zwei Kontrollelemente 7 eingebracht.

Die Kontrollelemente 7 bestehen beispielsweise aus dem gleichen Material wie die Schmelze 7 oder einem anderen schmelzbaren Material. Die Schmelztemperatur der Kontrollelemente 7 kann daher kleiner, gleich oder

größer als die Schmelztemperatur des Materials der Schmelze 4 sein.

Die Kontrollelemente 7 können also metallisch, keramisch oder aus Glas sein.

5 Die Temperatur der Kontrollelemente 7 kann vorher eingestellt werden, bevor sie mit der Schmelze 4 in Berührung kommen. Dies kann durch Erwärmung oder Kühlung je nach Bedarf erfolgen.

10 Ebenfalls können die Kontrollelemente 7 aktiv gekühlt werden, in dem ein Kühlmittel beispielsweise durch die Kontrollelemente 7 geleitet wird oder an einem Ende mit zumindest einem Kontrollelement 7 in Berührung gebracht wird, so dass eine aufgezwungene Kühlung erfolgt.

15 Die Kontrollelemente 7 sind anfangs noch nicht aufgeschmolzen. Insbesondere können, müssen aber nicht, die Kontrollelemente 7, nachdem sie mit der Schmelze 4 in Kontakt gekommen sind, während der flüssigen Phase der Schmelze 4 (Phase in der die Schmelze vorliegt) oder während der Erstarrung der Schmelze 4 zumindest teilweise oder ganz aufschmelzen.

[0009] Die Kontrollelemente 7 sind nicht aus dem Material wie die Gussform 10, sondern dienen zur zusätzlichen Abführung von Wärme aus der Schmelze.

25 Die Kontrollelemente 7 sind also auch keine Gusskerne. Ihr Material bildet nach der Erstarrung einen integralen Bestandteil des gegossenen Bauteils 13.

Die Kontrollelemente 7 sind insbesondere ein fester kristalliner Körper und nicht wie bei einer Gussform bei einem Gussverfahren aus einzelnen Körnern aufgebaut (Sandform), die beispielsweise durch einen Binder miteinander verbunden sind.

30 Das Kontrollelement 7 ist beispielsweise ein gesinterter Körper aus vielen Körnern.

35 **[0010]** Das erfindungsgemäße Gussverfahren stellt auch kein Spritzverfahren dar, bei dem ein Material mit einem aufgeschmolzenen oder weichen Material umspritzt wird.

[0011] Die Kontrollelemente 7 können gleich oder verschieden groß sein.

40 **[0012]** Die Kontrollelemente 7 weisen eine längliche Form auf und sind insbesondere symmetrisch, insbesondere zylindrisch ausgebildet.

[0013] Ein Bauteil 13, das durch das Gussverfahren hergestellt wird, kann beispielsweise ein Bauteil einer Dampf- 300, 303 oder Gasturbine 100 für ein Flugzeug oder für die Energieerzeugung darstellen, wobei es dann insbesondere ein Gehäusebauteil darstellt.

[0014] Dabei werden hochwertige Stähle bzw. nickel-, kobalt- oder eisenbasierte Superlegierungen verwendet.

50 **[0015]** Figur 2a, b zeigen schematisch die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Gussverfahrens.

[0016] In Figur 2a ist ein bspw. quaderförmiges Wandelement eines Bauteils in einem Gussverfahren nach dem Stand der Technik dargestellt.

55 Die zeitliche Abfuhr von Wärmeenergie dQ/dt ist hier mit Q dargestellt. Insbesondere bei dickwandigen Bauteilen mit dargestellt. Insbesondere bei dickwandigen Bautei-

len mit einer großen Breite b dauert es sehr lange, bis die Schmelze 4 abgekühlt ist, d.h. $\dot{Q} = 0$ ist.

[0017] In Figur 2b ist das entsprechende Wanelement 7 bei einem erfindungsgemäßen Gussverfahren dargestellt, bei dem in der Schmelze 4 beispielsweise ein Kontrollelement 7 vorhanden ist.

Durch eine im Vergleich zur Schmelztemperatur niedrigere Temperatur des Kontrollelements 7 nimmt das Kontrollelement 7 Wärme auf oder wenn das Kontrollelement 7 sogar aufschmilzt, entzieht es der Schmelze 4 noch Schmelzenergie. Dadurch wird deren Abkühlungsrate erhöht, d.h. $\dot{Q}$ ist deutlich erhöht. Dadurch wird verhindert, dass es in dickeren Bereichen und dicken Bauteilen zu einer langsameren Erstarrung kommt, die oft zur Graphitentartung oder Porositäten und Lunkern führt. Durch die Einführung von Kontrollelementen 7 in die Schmelze 4 wird beispielsweise eine homogene sphärolithische Graphitausprägung, insbesondere bei Graugussteilen erreicht. Die Breite b , d.h. die Ausdehnung der Schmelze 4, ist quasi in zwei kleinere Breiten b_1 , b_2 ($b_1 + b_2 = b$) aufgeteilt und zeigt innerhalb der Breiten b_1 , b_2 , die dünn sind, das gewünschte Abkühlverhalten dünnwandiger (b_1 , b_2) Wände.

[0018] Figur 3 zeigt ein erfindungsgemäßes gegossenes Bauteil 13.

[0019] Das Bauteil 13 ist aus einer Schmelze 4 entstanden und weist die Kontrollelemente 7, die von der erstarrten Schmelze 4 umgeben sind, auf. Die Kontrollelemente 7 sind hier bspw. in einem dickwandigen Bereich 16 des Bauteils 13 eingebracht. Solche dickwandigen Bereiche 16 stellen beispielsweise die Flansche eines Gehäuseteils dar. Dick bedeutet in diesem Zusammenhang eine Wandstärke von mindestens 200mm.

Bevorzugt werden die Kontrollelemente 7 dort eingebracht, wo später Löcher 19 in den Flansch 16 eingebracht werden, also Material abgetragen wird. So wird das Risiko der Einbringung von Fehlern in das Bauteil infolge von Anbindungsfehlern oder unzureichender Aufschmelzung der Kontrollelemente 7 reduziert, da diese Bereiche bei der späteren Bauteilbearbeitung ohnehin abgetragen werden.

Die Kontrollelemente 7 sind kein Teil der Gussform 10 und sind beispielsweise metallisch, können aber auch keramisch oder glasartig sein.

[0020] Figur 4 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

[0021] Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampfturbine oder ein Kompressor sein.

[0022] 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).

[0023] Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaufelfuß 183 der beispielsweise dickwandige Bereiche 16 aufweist, 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.

[0024] Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise massive metallische Werkstoffe, insbesondere Superlegierungen verwendet.

Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1204776 B1, EP 1306454, EP 1319729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt; diese Schriften sind Teil der Offenbarung. Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

[0025] Werkstücke mit einkristalliner Struktur oder Strukturen werden als Bauteile für Maschinen eingesetzt, 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.

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; diese Schriften sind Teil der

Offenbarung.

[0026] Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion oder Oxidation (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden, bzw. Hafnium (Hf)). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1, die Teil dieser Offenbarung sein sollen.

[0027] Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein und 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.

[0028] 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.

[0029] 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 Filmkühlöcher 418 (gestrichelt angedeutet) auf.

[0030] Die Figur 5 zeigt eine Brennkammer 110 einer Gasturbine.

Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als sogenannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um die Rotationsachse 102 herum angeordneten Brennern 107 in einen gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Rotationsachse 102 herum positioniert ist.

[0031] 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.

[0032] Jedes Hitzeschildelement 155 ist arbeitsmediumseitig mit einer besonders hitzebeständigen Schutzschicht ausgestattet oder aus hochtemperaturbeständigem Material gefertigt. Dies können massive keramische Steine oder Legierungen mit MCrAlX und/oder keramischen Beschichtungen sein.

Die Materialien der Brennkammerwand und deren Be-

schichtungen können ähnlich der Turbinenschaufeln sein.

[0033] Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 kann zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen sein.

[0034] Ebenso können die Hitzeschildelemente dickwandige Bereiche 16 aufweisen und daher nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

[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 mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16.

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 beispielsweise 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 an einem Innengehäuse 138 (mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16) eines Stators 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 beispielsweise 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 (mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16) 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.

[0038] 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, können diese mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.

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

Als Material für die Bauteile, insbesondere für die Turbinenschaufel 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

[0039] Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1204776 B1, EP 1306454, EP 1319729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt; diese Schriften sind Teil der Offenbarung.

[0040] Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrA1X; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden bzw. Hafnium). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1, die Teil dieser Offenbarung sein sollen.

[0041] Auf der MCrA1X kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, und 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.

[0042] 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.

[0043] In Figur 7 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden Turbinenwelle 309 dargestellt.

Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 21 (mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16) und einem dieses umschließende Außengehäuse 315 (mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16) auf.

[0044] 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 mit beispielsweise dickwandigen Bereichen 16 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-Laufbeschaufelung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaufelung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschaufelungsbereich 360 dar. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmbereich 333 auf. Dem Dampfeinströmbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radial-symmetrische 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 Beschaufelungsbereich 366 mit den Mitteldruck-Laufschaufeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschaufelungsbereich 366 strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

Patentansprüche

1. Gussverfahren, bei dem um zumindest ein nicht aufgeschmolzenes Kontrollelement (7) die Schmelze (4) oder in die Schmelze (4) zumindest ein noch nicht aufgeschmolzenes Kontrollelement (7) eingebracht wird, das der Schmelze (4) bei der Abkühlung zusätzlich Wärme (Q) entzieht, wobei das Material zumindest eines Kontrollelements (7) integraler Bestandteil des durch das Gussverfahren erzeugten Bauteils wird.
2. Gussverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** solange die Schmelze (4) noch flüssig ist und/oder während der Erstarrung der Schmelze (4) das Kontrollelement (7) zumindest teilweise oder ganz aufschmilzt.
3. Gussverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kontrollelement (7) nicht aufschmilzt.
4. Gussverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Kontrollelement (7) das gleiche Material wie

für die Schmelze (4) verwendet wird.

5. Gussverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
für das Kontrollelement (7) ein von der Schmelze (4) verschiedenes Material verwendet wird.
6. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelze (4) in eine Gussform (10) eingebracht wird, und
dass das Material des Kontrollelements (7) von dem der Gussform (10) verschieden ist.
7. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kontrollelement (7) metallisch oder keramisch ist.
8. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kontrollelement (7) in einem Bereich der Schmelze (4) eingebracht ist oder wird, das einem dickwandigen Bereich (16) eines aus der Schmelze (4) herzustellendem Bauteil (13) entspricht.
9. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kontrollelement (7) insbesondere dort in die Schmelze (4) eingebracht wird, wo nach Erstarrung der Schmelze (4) in dem aus der Schmelze (4) herzustellenden Bauteil (13) bei einer nachfolgenden Bearbeitung des Bauteils (13) Material abgetragen werden soll.
10. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrollelemente (7) gleich groß sind.
11. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrollelemente (7) verschieden groß sind.
12. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass als Schmelze eine Grauguss-Schmelze (4) verwendet wird.
13. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine sphärolithische Graphitbildung in der erstarrten Schmelze erzielt wird.

14. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass als Schmelze eine Schmelze (4) einer nickel-, kobalt- oder eisenbasierten Superlegierung oder eine Stahlschmelze verwendet wird.
15. Gussverfahren nach Anspruch 1 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass durch das Gussverfahren ein Bauteil (13) einer Dampf- oder Gasturbine (100) hergestellt wird, insbesondere ein Gehäusebauteil.
16. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Kontrollelement (7) aktiv gekühlt wird.
17. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Gussverfahren kein Material umspritzt wird, also kein Spritzverfahren darstellt.
18. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Kontrollelement (7) ein massiver, fester und kristalliner Körper ist.
19. Gussverfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kontrollelement (7) eine längliche Form, insbesondere eine längliche symmetrische Form, insbesondere mit zylindrischer Ausgestaltung, aufweist.
20. Gegossenes Bauteil (13),
das aus erstarrter, gegossener Schmelze (4) und zumindest einem nicht gegossenen Kontrollelement (7) besteht.
21. Bauteil nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (13) dickwandige Bereiche (16) und insbesondere auch dünnwandige Bereiche aufweist, und dass das zumindest eine Kontrollelement (7) in dem dickwandigen Bereichen (16) vorhanden ist.
22. Bauteil nach Anspruch 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (13) ein Graugussteil ist.

FIG 1

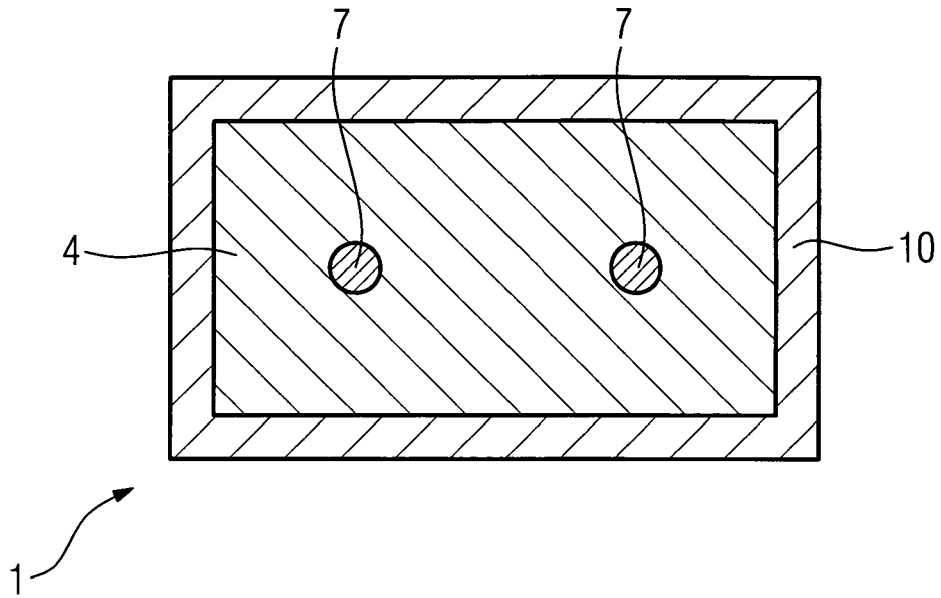


FIG 2A

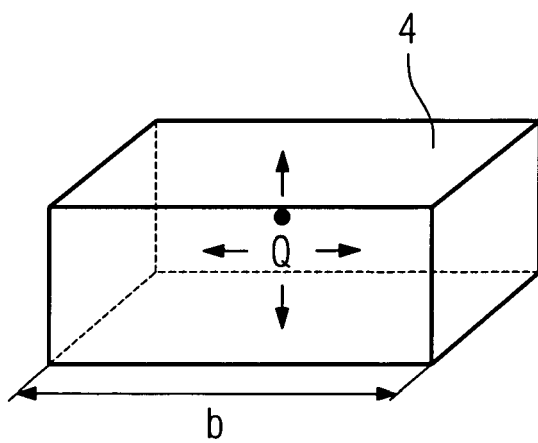


FIG 2B

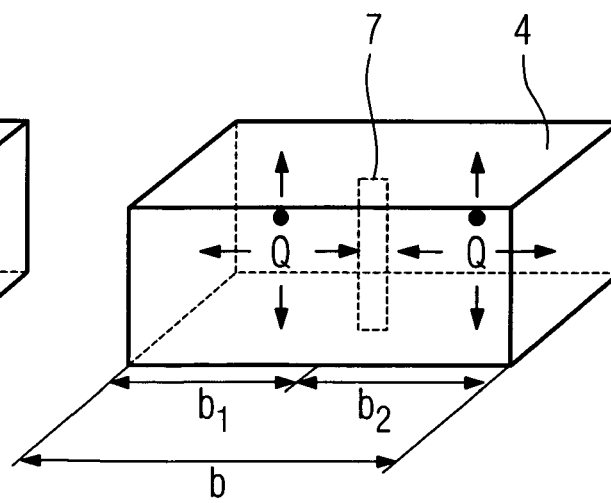


FIG 3

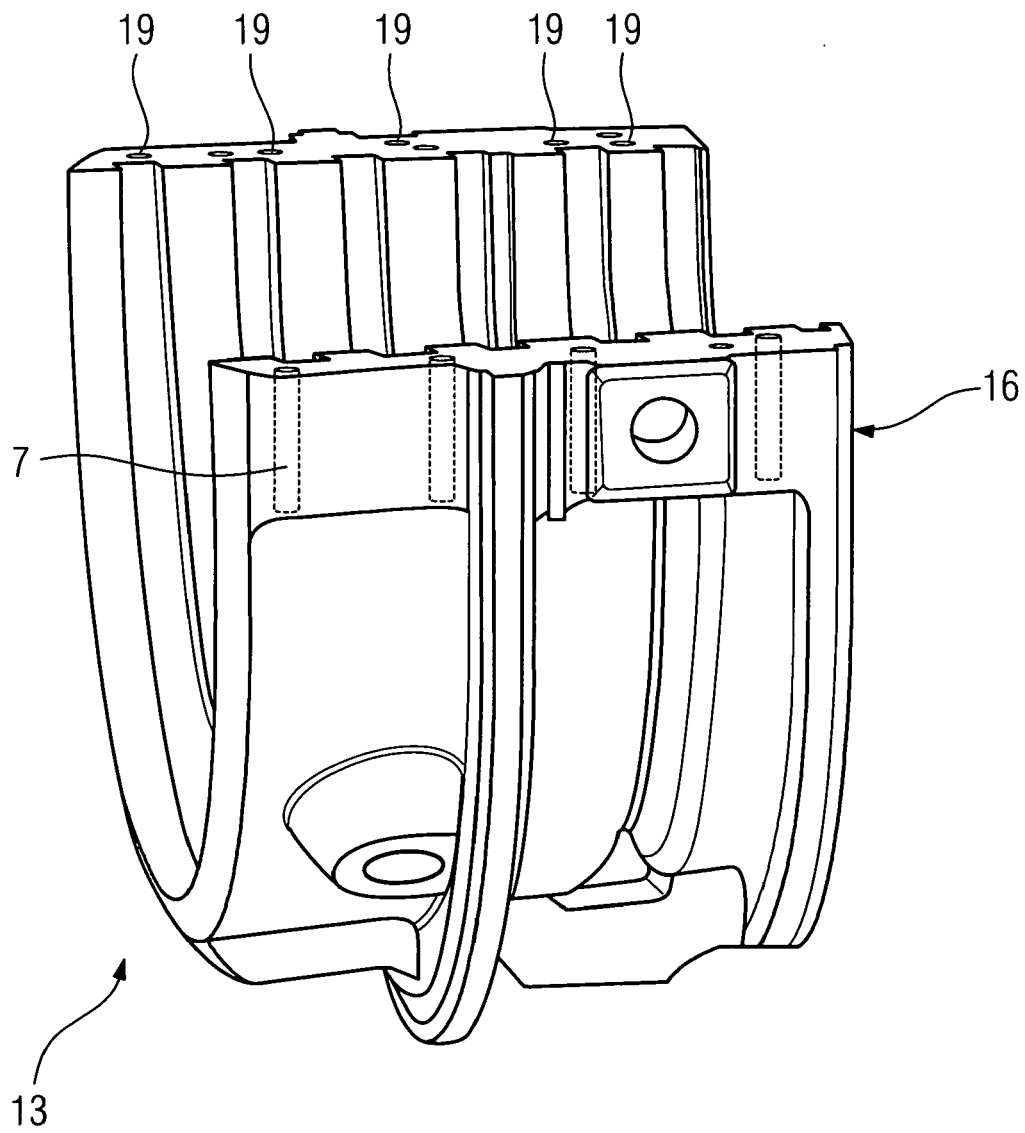


FIG 4

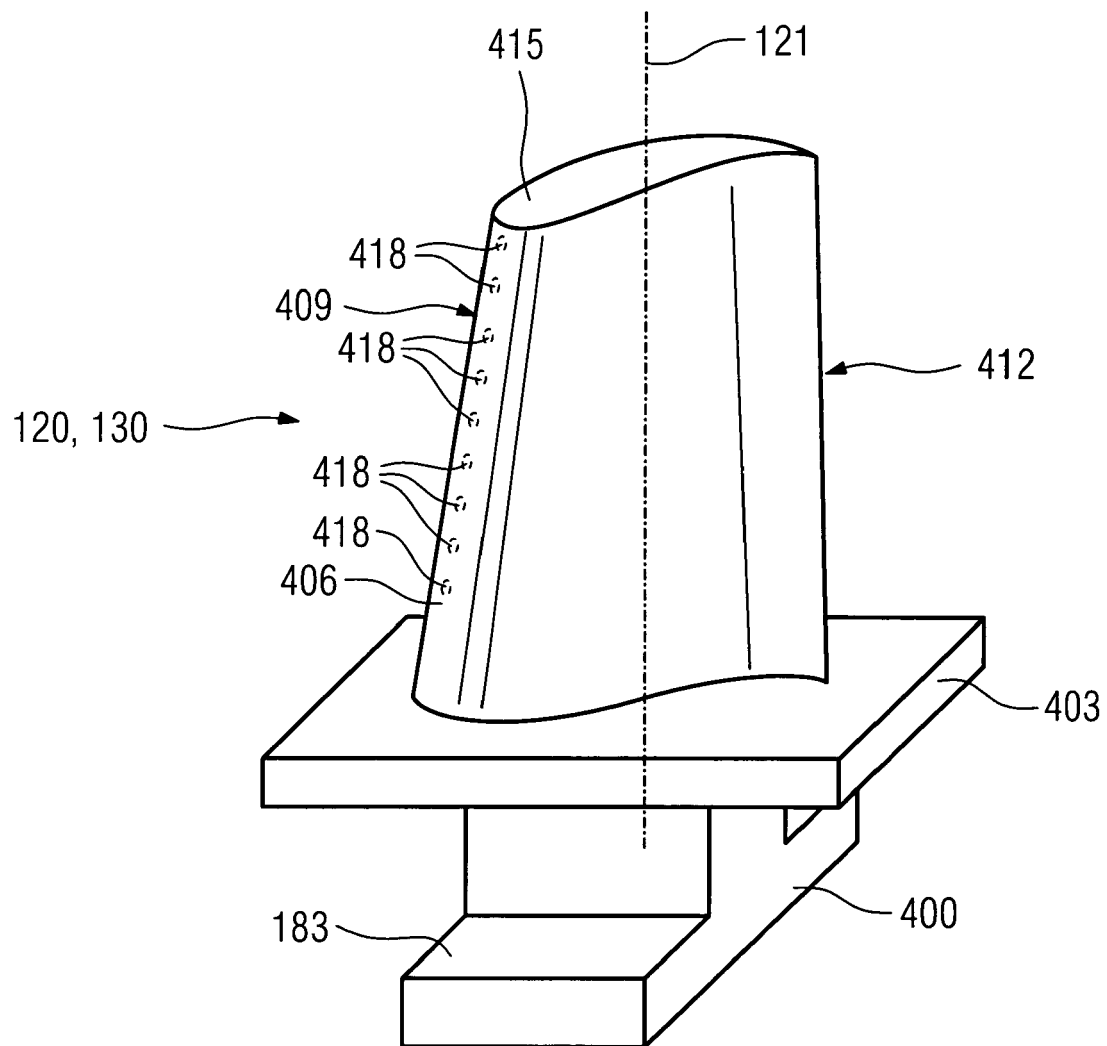


FIG 5

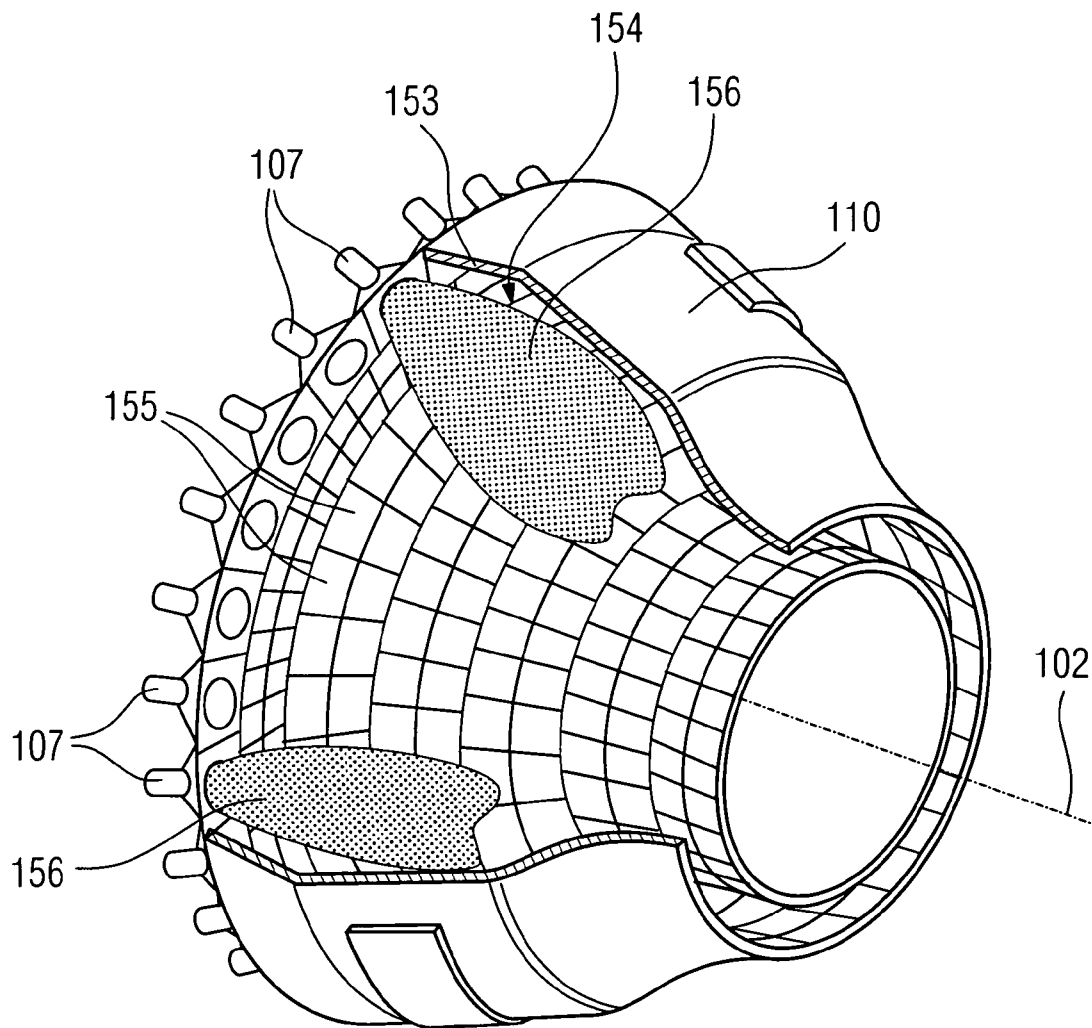


FIG 6

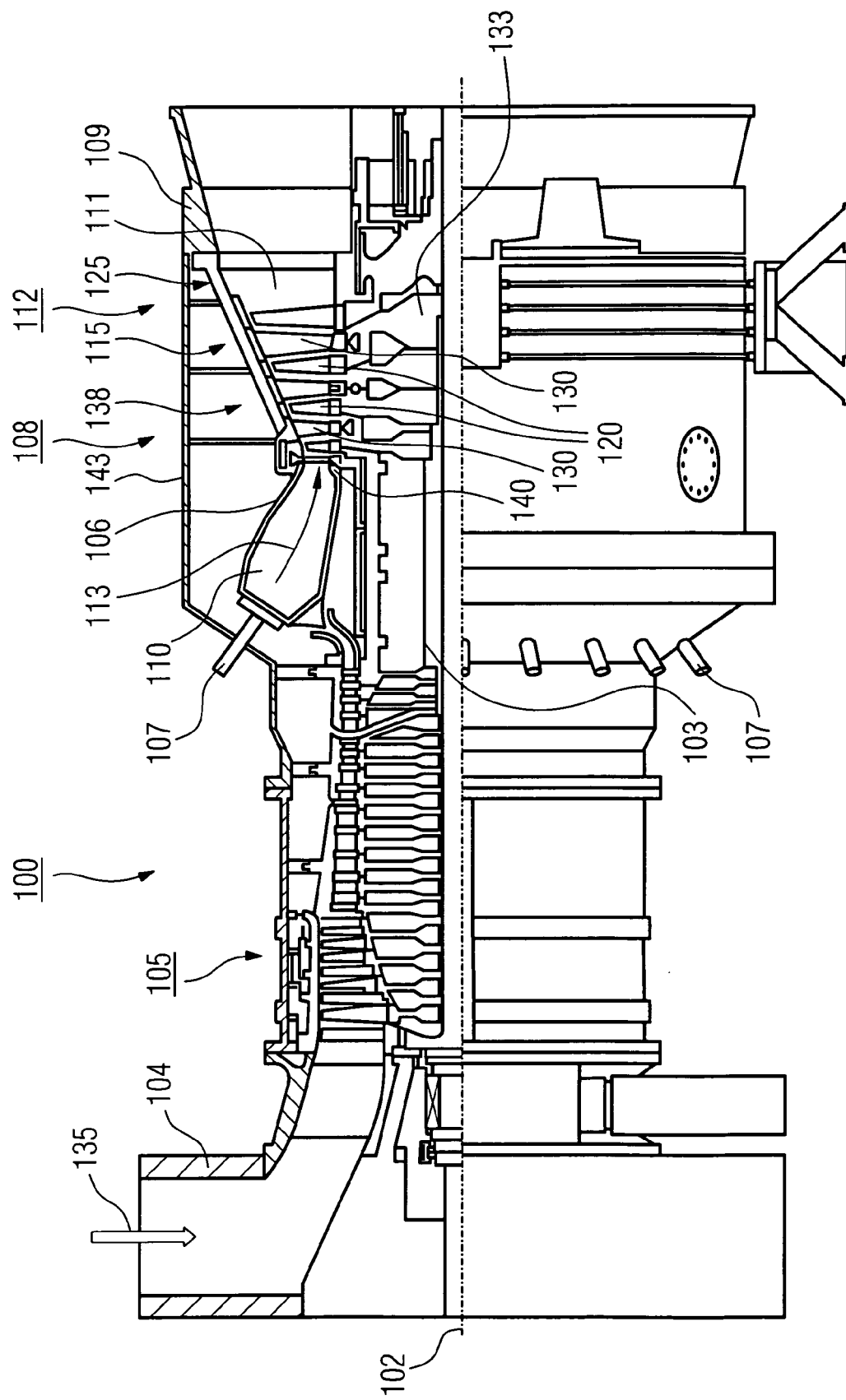
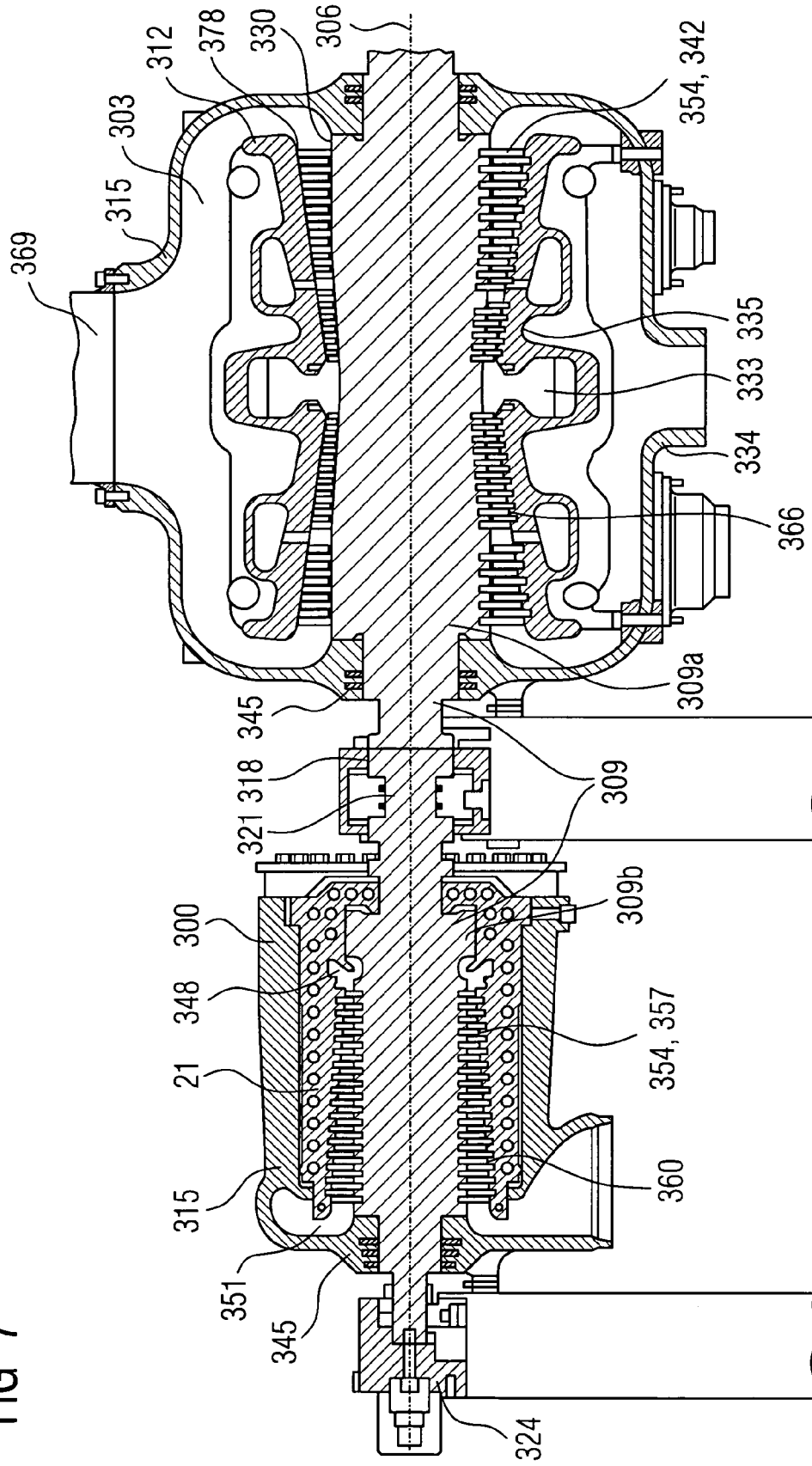


FIG 7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 7556

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 012, Nr. 132 (C-490), 22. April 1988 (1988-04-22) & JP 62 250125 A (HITACHI METALS LTD), 31. Oktober 1987 (1987-10-31)	1-22	B22D11/112 B22D27/04 B22D19/00
Y	* Zusammenfassung *	3,9,11	
X	US 3 726 331 A (BUNTING R,US) 10. April 1973 (1973-04-10)	1,2,4-8, 10, 12-14, 16-22	
Y	* Zusammenfassung *	3,9,11, 15	
	* Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 17; Anspruch 9 *		
	* Spalte 2, Zeile 13 - Zeile 17 *		
X	US 6 253 829 B1 (MASHIKO KOICHI ET AL) 3. Juli 2001 (2001-07-03)	1,2,4-8, 10, 12-14, 16-22	
Y	* Abbildungen 2,3,5 *	3,9,11, 15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Y	EP 1 013 781 B (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 6. Mai 2004 (2004-05-06) * Absatz [0002] *	15	B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 1. September 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 04 02 7556

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.

01-09-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 62250125 A	31-10-1987	DE 3709062 A1	01-10-1987
		US 4807728 A	28-02-1989
US 3726331 A	10-04-1973	KEINE	
US 6253829 B1	03-07-2001	JP 10263779 A	06-10-1998
		JP 10319156 A	04-12-1998
		JP 11067990 A	09-03-1999
		JP 11083360 A	26-03-1999
		JP 11083361 A	26-03-1999
		US 6085830 A	11-07-2000
EP 1013781 B	28-06-2000	AT 266103 T	15-05-2004
		CN 1279299 A ,C	10-01-2001
		DE 69916983 D1	09-06-2004
		DE 69916983 T2	09-06-2005
		EP 1013781 A2	28-06-2000
		ES 2216453 T3	16-10-2004
		IL 133580 A	12-05-2004
		JP 2000192179 A	11-07-2000
		RU 2235798 C2	10-09-2004
		US 2002005233 A1	17-01-2002
		JP 2000192208 A	11-07-2000
		KR 2000048339 A	25-07-2000
		UA 70300 C2	15-03-2001

EPO FORM P0461

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